



TUGAS AKHIR - SM141501

**MODEL ORNSTEIN-UHLENBECK
TERMODIFIKASI UNTUK MEMPREDIKSI HARGA
KOMODITAS MINYAK MENTAH**

YENNY TRININGSIH
NRP 1213 100 047

Dosen Pembimbing:
Endah Rokhmati M.P., Ph.D
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

JURUSAN MATEMATIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

"Halaman ini sengaja dikosongkan."



FINAL PROJECT - SM141501

**MODIFIED ORNSTEIN-UHLENBECK MODEL FOR
PREDICTING THE PRICES OF CRUDE OIL
COMMODITY**

YENNY TRININGSIH
NRP 1213 100 047

Supervisor:
Endah Rokhmati M.P., Ph.D
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

DEPARTMENT OF MATHEMATICS
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

LEMBAR PENGESAHAN
MODEL ORNSTEIN-UHLENBECK
TERMODIFIKASI UNTUK MEMPREDIKSI
HARGA KOMODITAS MINYAK MENTAH
MODIFIED ORNSTEIN-UHLENBECK
MODEL FOR PREDICTING THE PRICES
OF CRUDE OIL COMMODITY

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

pada
Bidang Studi Matematika Terapan
Program Studi S-1 Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:
YENNY TRININGSIH
NRP. 1213 100 047

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,


Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes
NIP. 19650226 198903 2 002


Endah Rokhmahati M.P., Ph.D
NIP. 19761213 200212 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
FMIPA ITS


Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT

NIP. 19700831 199403 1 003

Surabaya, Januari 2017

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

MODEL *ORNSTEIN-UHLENBECK* TERMODIFIKASI UNTUK MEMPREDIKSI HARGA KOMODITAS MINYAK MENTAH

Nama Mahasiswa : YENNY TRININGSIH
NRP : 1213 100 047
Jurusan : Matematika FMIPA-ITS
Pembimbing : 1. Endah Rokhmati M.P., Ph.D
2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

Abstrak

Minyak mentah merupakan salah satu komoditas utama bagi perekonomian global. Perubahan harga komoditas minyak mentah yang fluktuatif menggambarkan bahwa harga komoditas minyak mentah bergerak mengikuti proses stokastik. Model Ornstein-Uhlenbeck termodifikasi merupakan model yang mengikuti mean reverting process atau proses pengembalian ke nilai rata-rata, yang artinya proses pengembalian harga komoditas minyak mentah ke nilai rata-rata (μ) dengan laju pengembalian yang ditentukan oleh η , dan volatilitas (σ) berupa persentase perubahan harga komoditas minyak mentah. Pada tugas akhir ini, dalam memprediksi harga komoditas minyak mentah bulan Januari 2017 menggunakan model Ornstein-Uhlenbeck termodifikasi dengan nilai parameter $\eta = 0,01413$, $\mu = 0,00128$, dan $\sigma = 0,03165$ menghasilkan rata-rata prediksi harga komoditas minyak mentah senilai \$42,23/barrel dengan prediksi harga tertinggi senilai \$53,75/barrel dan prediksi harga terendah senilai \$32,31/barrel.

Kata-kunci: *model Ornstein-Uhlenbeck termodifikasi, prediksi, harga komoditas minyak mentah*

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

MODIFIED ORNSTEIN-UHLENBECK MODEL FOR PREDICTING THE PRICES OF CRUDE OIL COMMODITY

Name : YENNY TRININGSIH
NRP : 1213 100 047
Department : Mathematics FMIPA-ITS
Supervisors : 1. Endah Rokhmati M.P., Ph.D
2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

Abstract

Crude oil is one of the main commodities for global economy. The changing commodity prices of crude oil that fluctuate illustrates that commodity price of crude oil moves follow a stochastic process. Modified Ornstein-Uhlenbeck model is a model which follows the mean reverting process or the reversion process to the mean value, which mean that the process of refunding crude oil commodity price to the average value (μ) with the rate of the reversion is determined by the η , and volatility (σ) that is the percentage change in commodity prices of crude oil. In this final project, in predicting the commodity price of crude oil in January 2017 using modified Ornstein-Uhlenbeck model with parameter values $\eta = 0,01413$, $\mu = 0,00128$, and $\sigma = 0,03165$ obtained the average prediction of crude oil commodities worth \$42,23/barrel with prediction of the highest price worth \$53,75/barrel and prediction of the lowest price worth \$32,31/barrel.

Keywords: *modified Ornstein-Uhlenbeck model, predicting, commodity price of crude oil*

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhaanahu Wa Ta'aala yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul

"MODEL *ORNSTEIN-UHLENBECK* TERMODIFIKASI UNTUK MEMPREDIKSI HARGA KOMODITAS MINYAK MENTAH"

sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Jurusan Matematika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Dr. Imam Mukhlash, MT selaku Ketua Jurusan Matematika ITS.
2. Ibu Endah Rokhmati M.P., Ph.D, dan Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan motivasinya kepada penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si, Bapak Drs. Suharmadi, Dipl. Sc, M.Phil, dan Bapak Drs. Soehardjoepri, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan semua saran demi perbaikan tugas akhir ini.

4. Bapak Drs. Iis Herisman, M.Si selaku koordinator tugas akhir dan Mas Ali yang selalu memberikan informasi mengenai tugas akhir.
5. Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes selaku dosen wali yang telah memberikan arahan akademik selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Matematika FMIPA ITS.
6. Bapak dan Ibu dosen serta para staf Jurusan Matematika ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
7. Bapak dan Ibu yang selalu mendoakan, menguatkan, dan mendukung penulis sehingga penulis bisa sampai saat ini.
8. Mas, Mbak, dan Adik yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan.
9. Wanita Sholihah, Mbak Dian, Mak Neni, dan Nurma yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, dan fasilitas selama penulis mengerjakan tugas akhir.
10. Ina, Virga, Iim, Amina, Zunna, Fella, Ayu, Lisa, Melynda yang selalu menguatkan dan memberi dukungan kepada penulis.
11. Teman-teman seperjuangan 115 yang saling mendukung dan memotivasi satu sama lain.
12. Ivan, Wawan, dan Mas Doni yang membantu dan mengarahkan penulis dalam pengerjaan program Matlab.
13. Mas Adit, Mas Suef, dan Uzu yang selalu membantu dalam memahami materi tugas akhir.

14. Dulur Matematika 2013 yang selalu memberikan doa dan dukungannya kepada penulis.
15. Kesma BEM ITS 2014/2015 yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
16. Keluarga FORMASTA yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
17. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Terimakasih telah mendoakan dan mendukung penulis sampai dengan selesainya program ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
DAFTAR SIMBOL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Proses Stokastik	8
2.3 <i>Random Walk</i>	9
2.4 Proses <i>Wiener (Brownian Motion)</i>	12
2.5 Persamaan Diferensial Stokastik	12

2.6	<i>SDE Stratonovich</i>	13
2.7	Aturan <i>Trapezoidal</i>	14
2.8	Model <i>Ornstein-Uhlenbeck</i> Termodifikasi	15
2.9	<i>Return</i> Harga Komoditas Minyak Mentah ...	19
2.10	Uji Normalitas	20
2.11	Estimasi Parameter	21
2.11.1	<i>Rate Of Reversion</i>	21
2.11.2	<i>Drift</i>	22
2.11.3	Volatilitas	22
2.12	MAPE	23
2.13	Selang Kepercayaan	23
BAB III	METODE PENELITIAN	27
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Perhitungan <i>Return</i> Harga Komoditas Minyak Mentah	33
4.2	Uji Normalitas	35
4.3	Analisis Model <i>Ornstein-Uhlenbeck</i> Ter- modifikasi	37
4.3.1	Menghitung Nilai Parameter Model <i>Ornstein-Uhlenbeck</i> Termodifikasi	37
4.3.2	Validasi Model <i>Ornstein-Uhlenbeck</i> Ter-modifikasi	39
4.4	Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah Menggunakan Model <i>Ornstein-Uhlenbeck</i> Termodifikasi	47
4.5	Program MATLAB	51
BAB V	PENUTUP	53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .	30
Gambar 4.1	<i>Time Series Plot Return</i> Harian Harga Komoditas Minyak Mentah	34
Gambar 4.2	Histogram <i>Return</i> Harga Komoditas Minyak Mentah	35
Gambar 4.3	Uji Normalitas Menggunakan Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	36
Gambar 4.4	Grafik Hasil Perhitungan Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah	43
Gambar 4.5	Hasil 1000 Realisasi Lintasan Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah	46
Gambar 4.6	Grafik Selang Kepercayaan Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah	51
Gambar 4.7	Tampilan GUI Matlab Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah	51

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persentase MAPE dan Tingkat Akurasi Peramalan	23
Tabel 4.1	Selang Kepercayaan Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah Bulan Januari 2017	50

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
LAMPIRAN A Tabel Data Harga Komoditas Minyak Mentah	59
LAMPIRAN B Tabel <i>Return</i> Harga Komoditas Minyak Mentah	65
LAMPIRAN C Tabel Nilai Kritis Uji <i>Kolmogorov-</i> <i>Smirnov</i>	71
LAMPIRAN D Uji Normalitas <i>Return</i> Harga Komoditas Minyak Mentah	75
LAMPIRAN E Perhitungan Estimasi Parameter Model <i>Ornstein-Uhlenbeck</i> Termodifikasi . . .	85
LAMPIRAN F Tabel Data Aktual dan Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah Bulan Desember 2016	111
LAMPIRAN G Flowchart GUI	113
LAMPIRAN H Biodata Penulis	129

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

Daftar Simbol

$\mu(P, t)$	<i>drift</i> harga komoditas minyak mentah yang dipengaruhi oleh waktu
$\sigma(P, t)$	volatilitas harga komoditas minyak mentah yang dipengaruhi oleh waktu
Z	proses <i>Wiener</i> atau <i>Brownian motion</i>
η	<i>rate of reversion</i> atau laju pengembalian harga komoditas minyak mentah
μ	<i>drift return</i> harga komoditas minyak mentah
σ	volatilitas <i>return</i> harga komoditas minyak mentah
R_t	<i>return</i> harga komoditas minyak mentah pada waktu t
\bar{R}	rata-rata <i>return</i> harga komoditas minyak mentah
dP	perubahan harga komoditas minyak mentah
$P_{(t-1)}$	harga komoditas minyak mentah pada waktu $t - 1$
P_t	harga komoditas minyak mentah pada waktu t
$P_{(t+1)}$	harga komoditas minyak mentah pada waktu $t + 1$
N	jumlah data aktual atau data <i>return</i> harga komoditas minyak mentah
δt	selang waktu
\bar{F}_t	prediksi harga komoditas minyak mentah pada waktu t
$F_{(t-1)}$	prediksi harga komoditas minyak mentah pada waktu $t - 1$
$N(0, 1)$	distribusi normal dengan <i>mean</i> 0 dan varian 1

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan hal-hal yang menjadi latar belakang munculnya permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini, kemudian dari permasalahan tersebut disusun kedalam suatu rumusan masalah. Selanjutnya dijabarkan batasan masalah untuk memperoleh tujuan serta manfaat. Adapun sistematika penulisan tugas akhir diuraikan pada bagian akhir bab ini.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ekonomi akhir-akhir ini sering kali dikaitkan dengan keberadaan energi. Energi merupakan salah satu *input* penting dalam proses produksi. Ketersediaan energi dalam mendukung pertumbuhan ekonomi menjadi isu yang sangat penting untuk dibahas dalam beberapa waktu terakhir ini [1]. Minyak bumi merupakan salah satu jenis sumber energi yang penting dalam kehidupan manusia. Minyak bumi atau minyak mentah adalah cairan yang terbentuk secara alami dan mudah terbakar yang ditemukan di dalam pembentukan batuan di bumi yang terdiri dari campuran hidrokarbon kompleks, berbagai molekul berat serta senyawa organik lainnya [2].

Minyak mentah merupakan salah satu komoditas utama bagi perekonomian global. Menurut data dari *British Petroleum* (BP) *The Statistical Review of World Energy* pada tahun 2010, dari total energi dunia hampir 34 persen pemenuhannya berasal dari minyak [3]. Harga komoditas minyak mentah dibedakan atas dua jenis, yaitu jenis *Brent*

dan jenis *West Texas Intermediate* (WTI). Jenis *Brent* merupakan nilai standarisasi minyak mentah yang berasal dari laut utara Eropa, sedangkan jenis WTI merupakan minyak mentah yang diproduksi di Texas Amerika Serikat. Pada tahun 2007, jenis *Brent* mengalami penurunan produksi dikarenakan biaya produksi yang mahal sehingga berkembang standarisasi harga minyak mentah baru yaitu jenis WTI [4].

Beberapa periode terakhir ini harga komoditas minyak mentah jenis WTI dan jenis *Brent* mengalami pergerakan secara fluktuatif dan cenderung meningkat setiap bulannya. Data dari U.S. *Energy Information Administration* (EIA) menunjukkan bahwa pada Januari 2004 harga jenis WTI sebesar 34,31 US Dollar per barrel, dan jenis *Brent* sebesar 31,28 US Dollar per barrel. Pada Desember 2013, harga minyak mentah melambung mencapai 97,62 US Dollar per barrel untuk jenis WTI, dan 110,76 US Dollar per barrel untuk jenis *Brent* [5], hal ini dikarenakan minyak mentah merupakan salah satu komponen penting bagi perkembangan ekonomi, pertumbuhan industri serta pembangunan negara diberbagai bidang, selain itu, kegiatan politik, cuaca ekstrim, dan spekulasi di pasar modal, merupakan karakter pokok lain penyebab meningkatnya volatilitas harga komoditas minyak mentah di pasar minyak. Pengaruh fluktuasi harga komoditas minyak mentah meluas mencapai sejumlah besar barang atau jasa yang memiliki dampak langsung pada perekonomian serta masyarakat global [6]. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak negatif dari fluktuasi harga komoditas minyak mentah sangat penting dilakukan prediksi harga komoditas minyak mentah.

Peramalan merupakan metode yang dapat digunakan untuk memprediksi atau memperkirakan harga komoditas minyak mentah pada waktu yang akan datang dalam jangka waktu pendek maupun jangka waktu panjang [7]. Terdapat

beberapa model satu faktor yang digunakan dalam penelitian harga minyak, seperti Brennan dan Schwartz, McDonald dan Siegel, serta Gabillon menggunakan *geometric Brownian motion*, Bjerksund dan Ekern, Barone-Adesi dkk, serta Sabanis menggunakan *mean reverting process*, Ross dan Schwartz menggunakan Lemma Itô [8]. Diantara beberapa model satu faktor yang mengikuti *mean reverting process*, model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah, sehingga, pada tugas akhir ini dilakukan prediksi harga komoditas minyak mentah menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana analisis model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah.
2. Bagaimana prediksi harga komoditas minyak mentah pada masa akan datang menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Data yang digunakan merupakan data harian harga komoditas minyak mentah jenis WTI mulai 4 Januari 2016 hingga 30 Desember 2016. Data bulan Januari 2016 hingga November 2016 sebagai data *in-sample* dan data bulan Desember 2016 sebagai data *out-sample*.

2. *Return* harga komoditas minyak mentah berdistribusi normal.
3. Nilai parameter *rate of reversion* (η), *drift* (μ), dan volatilitas (σ) adalah konstan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini antara lain:

1. Mendapatkan hasil analisis model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah.
2. Mendapatkan hasil prediksi harga komoditas minyak mentah di masa yang akan datang menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai informasi tambahan mengenai penerapan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini secara keseluruhan terdiri dari lima bab dan lampiran, secara garis besar dalam masing-masing bab dibahas hal-hal sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I dijelaskan gambaran umum dari penulisan tugas akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II diuraikan tentang teori-teori utama

maupun penunjang yang terkait dengan permasalahan dalam tugas akhir, antara lain penelitian terdahulu, proses stokastik, *random walk*, proses *Wiener*, persamaan diferensial stokastik, *Stochastic Differential Equations* (SDE) *Stratonovich*, aturan *Trapezoidal*, model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi, *return* harga komoditas minyak mentah, uji normalitas, estimasi parameter, MAPE, dan selang kepercayaan. Teori-teori tersebut digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab III dijelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir. Tahapan tersebut adalah studi literatur, pengumpulan data harga komoditas minyak mentah, perhitungan *return* harga komoditas minyak mentah, uji normalitas *return* harga komoditas minyak mentah, analisis model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi yang meliputi perhitungan nilai parameter model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dan validasi model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi, selanjutnya dilakukan prediksi harga komoditas minyak mentah pada masa yang akan datang. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan.

4. BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV membahas tentang perhitungan *return* harga komoditas minyak mentah, uji normalitas *return* harga komoditas minyak mentah, analisis model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi yang meliputi perhitungan nilai parameter model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi, validasi model *Ornstein-Uhlenbeck*

termodifikasi dengan menghitung prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Desember 2016 dan menghitung nilai MAPE. Selanjutnya, memprediksi harga komoditas minyak mentah pada masa yang akan datang dan menghitung selang kepercayaan.

5. BAB V PENUTUP

Pada bab V berisi kesimpulan akhir yang diperoleh dari analisis dan pembahasan tugas akhir serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang teori-teori utama maupun penunjang yang terkait dengan permasalahan dalam tugas akhir, antara lain proses stokastik, *random walk*, proses *Wiener*, persamaan diferensial stokastik, SDE *Stratonovich*, aturan *Trapezoidal*, model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi, *return* harga komoditas minyak mentah, uji normalitas, estimasi parameter meliputi *rate of reversion*, *drift*, dan volatilitas, selain itu juga dibahas mengenai MAPE, dan selang kepercayaan. Teori-teori tersebut digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian sebelumnya, Lee Chen Nian [2] melakukan penelitian tentang aplikasi model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) pada peramalan harga minyak mentah. Data yang digunakan merupakan data harian harga minyak mentah jenis WTI yang diperoleh dari U.S. EIA dari 2 Januari 1986 hingga 30 September 2009. Pada penelitian tersebut Lee menggunakan metodologi *Box-Jenkins* dan pendekatan GARCH dalam peramalan harga minyak mentah. Hasil dari penelitian tersebut Lee menemukan model ARIMA (1,2,1), dan GARCH (1,1) adalah model yang sesuai di bawah identifikasi model, estimasi parameter, diagnostik pemeriksaan, dan peramalan harga di masa depan. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah model GARCH (1,1) merupakan model yang lebih baik dari pada model

ARIMA (1,2,1) dalam peramalan minyak mentah, dimana model ARIMA (1,2,1) mampu menghasilkan perkiraan yang akurat berdasarkan deskripsi pola harga minyak mentah, namun, GARCH (1,1) adalah model yang lebih baik untuk harga minyak mentah harian karena kemampuannya untuk menangkap volatilitas oleh variansi bersyarat.

Mohammed Abdul Aziz Aba Oud [8] melakukan penelitian terkait dinamika harga minyak dan nilai dari macam-macam *financial derivative*. Pada penelitian tersebut, Aba Oud menggunakan data harga minyak mentah jenis *Brent* tahun 1987 hingga tahun 2011 yang diperoleh dari U.S. EIA. Pada perhitungan dinamika harga minyak, Aba Oud menggunakan 10 model satu faktor dari persamaan diferensial stokastik, selain itu, Aba Oud juga menggunakan teknik estimasi *Generalized Method of Moments* (GMM) yang digunakan untuk membandingkan kinerja model satu faktor dalam menjelaskan perilaku harga minyak mentah jenis *Brent*.

2.2 Proses Stokastik

Suatu variabel dikatakan mengikuti proses stokastik apabila variabel tersebut berubah nilainya seiring waktu dengan cara yang tidak pasti. Proses stokastik adalah himpunan variabel acak dalam bentuk $\{X_t(s), t \in T, s \in S\}$ dengan t menyatakan waktu, dan $X_t(s)$ menyatakan variabel acak yang didefinisikan dalam s pada saat waktu t [9].

Perubahan harga komoditas minyak mentah merupakan salah satu contoh proses stokastik, karena perubahannya seiring waktu dengan cara yang tidak pasti dan mengikuti gerak *Brownian*, karena $X_t(s)$ adalah suatu variabel acak, maka tidak diketahui secara pasti pada keadaan mana proses tersebut akan berada pada saat t . Secara singkat proses stokastik adalah himpunan variabel acak yang menggambarkan dinamika dari suatu proses [9].

2.3 *Random Walk*

Random walk merupakan tahap pertama untuk memahami *Brownian motion*. *Random walk* adalah gerak acak dari step t ke step $t + 1$. Terdapat dua jenis *random walk*, yaitu *random walk* simetri dan *random walk* asimetri [10].

1. *Random Walk Simetri*

Misal P_i adalah kejadian dimana harga komoditas minyak mentah bergerak naik atau turun saat i . Nilai dari setiap gerak harga komoditas minyak mentah dinotasikan Δx , dimana nilai dari $\Delta x = 1$ untuk harga naik, dan $\Delta x = -1$ untuk harga turun. Waktu dari setiap gerak harga komoditas minyak mentah Δt , sehingga [10]:

$$\begin{aligned} P(P_t = 1) &= \frac{1}{2} \\ P(P_t = -1) &= \frac{1}{2} \end{aligned}$$

Nilai dari $E(P_i)$ dan $Var(P_i)$ adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E(P_i) &= P_1P(P_1) + P_2P(P_2) \\ &= 1 \times \frac{1}{2} + (-1) \times \frac{1}{2} \\ &= 0. \\ Var(P_i) &= E(P_i)^2 - (E(P_i))^2 \\ &= ((P_1)^2P(P_1) + (P_2)P(P_2)^2) - 0 \\ &= 1 \times \frac{1}{2} + 1 \times \frac{1}{2} \\ &= 1. \end{aligned}$$

Misal n adalah suatu integer non negatif, dimana $\Delta t = \frac{1}{n}$, sehingga untuk $t = 1$ besarnya sama dengan $n\Delta t$. Nilai dari *random walk* saat $t = 1$ dengan n step adalah $W_1^{(n)} = \Delta x(P_1 +$

$P_2 + \dots + P_n$). Nilai dari $Var(W_1^{(n)}) = Var(P_i)$ [10].

$$\begin{aligned}
 Var(W_1^{(n)}) &= Var(\Delta x(P_1 + P_2 + \dots + P_n)) \\
 1 &= (\Delta x)^2 Var(P_t) \times n \\
 1 &= (\Delta x)^2 \times n \\
 \Delta x &= \sqrt{\frac{1}{n}} \\
 &= \sqrt{\Delta t}.
 \end{aligned}$$

Didefinisikan Z_t adalah nilai *random walk* saat t , nilai dari Z_t adalah $Z_t = P_1 + P_2 + \dots + P_{t/\Delta t}$. Nilai dari ekspektasi dan varian Z_t adalah sebagai berikut [10]:

$$\begin{aligned}
 E(Z_t) &= E(P_1 + P_2 + \dots + P_{t/\Delta t}) \\
 &= (E(P_i)) \times \frac{t}{\Delta t} \\
 &= ((P_1)^2 P(P_1) + (P_2)^2 P(P_2)) \times \frac{t}{\Delta t} \\
 &= \left(\left(\sqrt{\Delta t} \right) \times \frac{1}{2} + \left(\sqrt{-\Delta t} \right) \times \frac{1}{2} \right) \times \frac{t}{\Delta t} \\
 &= 0. \\
 Var(Z_t) &= E(Z_t)^2 - (E(Z_t))^2 \\
 &= (E(P_i)^2 - (E(P_i))^2) \times \frac{t}{\Delta t} \\
 &= \left((((P_1)^2 P(P_1) + (P_2) P(P_2)^2) - 0) \times \frac{t}{\Delta t} \right) \\
 &= \left(\left(\Delta t \times \frac{1}{2} + \Delta t \times \frac{1}{2} \right) - 0 \right) \times \frac{t}{\Delta t} \\
 &= t.
 \end{aligned}$$

Untuk $t \rightarrow 0$, proses *random walk* simetri disebut dengan *Brownian motion* standar.

2. *Random Walk Asimetri*

$$P(P_i = \sigma\sqrt{\Delta t}) = \frac{1}{2} + \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma}$$

$$P(P_i = -\sigma\sqrt{\Delta t}) = \frac{1}{2} - \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma}$$

Didefinisikan Z_t adalah nilai dari *random walk* saat t . Nilai dari $E(Z_t)$ dan $Var(Z_t)$ adalah sebagai berikut [10]:

$$\begin{aligned} E(Z_t) &= E(P_1 + P_2 + \dots + P_{t/\Delta t}) \\ &= (E(P_t)) \times \frac{t}{\Delta t} \\ &= (\sigma\sqrt{\Delta t}) \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma} \right) + (-\sigma\sqrt{\Delta t}) \\ &\quad \left(\frac{1}{2} - \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma} \right) \\ &= \sigma^2 t \\ Var(Z_t) &= E(Z_t)^2 - (E(Z_t))^2 \\ &= (E(P_i)^2 - (E(P_i))^2) \times \frac{t}{\Delta t} \\ &= ((P_1)^2 P(P_1) + (P_2) P(P_2)^2 - (\mu\Delta t)^2) \times \frac{t}{\Delta t} \\ &= \left((\Delta t) \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma} \right) + (-\Delta t) \left(\frac{1}{2} - \frac{\mu\sqrt{\Delta t}}{2\sigma} \right) \right) \\ &\quad \frac{t}{\Delta t} - (\mu\Delta t)^2 \frac{t}{\Delta t} \\ &= \sigma^2 t \left(1 - \frac{\mu^2}{\sigma^2} \Delta t \right) \end{aligned}$$

Untuk $\Delta t \rightarrow 0$ *random walk* asimetri disebut dengan *Brownian motion* dengan *drift*.

2.4 Proses Wiener (*Brownian Motion*)

Proses *Wiener* atau disebut juga *Brownian motion* adalah proses stokastik waktu kontinu. Suatu proses stokastik Z pada saat $t \geq 0$ merupakan proses *Wiener* jika memenuhi ketentuan sebagai berikut [8]:

1. Z_t adalah lintasan kontinu dimana $Z_0 = 0$.
2. Z_t memiliki kenaikan tetap, yaitu jika $0 \leq s < t < u < v$, maka $Z_t - Z_s$ dan $Z_v - Z_u$ adalah variabel acak yang saling bebas.
3. $Z_t - Z_s \sim N(0, t - s)$ untuk $0 \leq s < t$.

2.5 Persamaan Diferensial Stokastik

Salah satu contoh dari proses stokastik adalah perubahan harga komoditas minyak mentah, karena perubahannya seiring waktu dengan cara yang tidak pasti dan mengikuti gerak *Brownian*. Perubahan harga komoditas minyak mentah sering mengalami naik turun atau disebut fluktuatif. Fluktuasi harga komoditas minyak mentah dipengaruhi oleh *drift* dan volatilitas [11].

Suatu proses stokastik P didefinisikan oleh persamaan diferensial stokastik atau proses Itô, untuk mendeskripsikan perkembangannya, secara umum persamaan diferensial stokastik untuk perubahan harga komoditas minyak mentah didefinisikan sebagai berikut [8]:

$$dP = \mu(P, t) dt + \sigma(P, t) dZ, \quad (2.1)$$

dengan:

- dP : perubahan harga komoditas minyak mentah
- $\mu(P, t)$: *drift* harga komoditas minyak mentah yang dipengaruhi oleh waktu
- $\sigma(P, t)$: volatilitas harga komoditas minyak mentah yang dipengaruhi oleh waktu
- Z : proses *Wiener* atau *Brownian motion*.

2.6 SDE Stratonovich

Integral *Stratonovich* merupakan salah satu *sub-martingale*, dimana sebuah variabel acak dengan harapan terbatas dikatakan memenuhi *sub-martingale* dengan probabilitas \mathbb{Q} jika [12]:

$$E_{\mathbb{Q}} [P_{t+s} | I_t] \geq P_t, s > 0.$$

Berdasarkan persamaan (2.1) diperoleh penyelesaian integral stokastik sebagai berikut [12]:

$$P_t = P_u + \int_u^t \mu(P, s) ds + \int_u^t \sigma(P, s) dZ_s, \quad t \geq u. \quad (2.2)$$

Pada persamaan (2.2) diperoleh persamaan integral *Stratonovich* yang didefinisikan sebagai berikut [12]:

$$\begin{aligned} P_t = & P_u + \int_u^t \left[\mu(P, t) - \frac{\sigma(P, t)}{2} \frac{\partial \sigma(P, t)}{\partial P} \sigma(P, t) \right] dt + \\ & \int_u^t \sigma(P, t) \circ dZ_t. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Penyelesaian pada persamaan (2.3) ekuivalen dengan [12]:

$$dP = \left[\mu(P, t) - \frac{\sigma(P, t)}{2} \frac{\partial \sigma(P, t)}{\partial P} \right] dt + \sigma(P, t) \circ dZ_t, \quad (2.4)$$

dimana simbol " \circ " merupakan hasil dari fungsi yang terdiferensiasi oleh $f(t, Z)$ dengan f merupakan integral *Stratonovich* yang berhubungan dengan proses *Wiener* Z , sehingga pada persamaan (2.4) disebut SDE *Stratonovich*.

2.7 Aturan *Trapezoidal*

Aturan *Trapezoidal* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung daerah di bawah kurva, dengan hampiran titik ujung kiri dan ujung kanan kurva untuk mendapatkan nilai rata-rata. Rumus umum aturan *Trapezoidal* didefinisikan sebagai berikut [13]:

misal $\int_a^b f(x)dx$, diberikan $x_0 = a$, $x_1 = b$, $h = b - a$ dan menggunakan *polynomial Lagrange* didefinisikan sebagai berikut [13]:

$$P_1(x) = \frac{(x - x_1)}{(x_0 - x_1)}f(x_0) + \frac{(x - x_0)}{(x_1 - x_0)}f(x_1).$$

Ketika,

$$\begin{aligned} \int_a^b f(x) dx &= \int_{x_0}^{x_1} \left[\frac{(x - x_1)}{(x_0 - x_1)}f(x_0) + \frac{(x - x_0)}{(x_1 - x_0)}f(x_1) \right] dx \\ &+ \frac{1}{2} \int_{x_0}^{x_1} f''(\varepsilon(x))(x - x_0)(x - x_1)dx. \quad (2.5) \end{aligned}$$

Hasil dari $(x - x_0)(x - x_1)$ tidak berubah selama dalam selang $[x_0, x_1]$, sehingga persamaan integral $f(c) = \frac{1}{b - a} \int_a^b f(x)dx$ dapat diselesaikan dengan persamaan berikut [13]:

$$\begin{aligned} \int_{x_0}^{x_1} f''(\varepsilon(x))(x - x_0)(x - x_1)dx &= f''(\varepsilon) \int_{x_0}^{x_1} (x - x_0)(x - x_1)dx \\ &= f''(\varepsilon) \left[\frac{x^3}{3} - \frac{(x_1 + x_0)}{2}x^2 + x_0x_1x \right]_{x_0}^{x_1} \\ &= -\frac{h^3}{6}f''(\varepsilon). \end{aligned}$$

Sehingga pada persamaan (2.5) dapat ditulis sebagai berikut [13]:

$$\begin{aligned}\int_a^b f(x)dx &= \left[\frac{(x-x_1)^2}{2(x_0-x_1)} f(x_0) + \frac{(x-x_0)^2}{2(x_1-x_0)} f(x_1) \right]_{x_0}^{x_1} - \frac{h^3}{12} f''(\varepsilon) \\ &= \frac{(x_1-x_0)}{2} [f(x_0) + f(x_1)] - \frac{h^3}{12} f''(\varepsilon),\end{aligned}$$

dimana $h = x_1 - x_0$ maka diperoleh persamaan aturan *Trapezoidal* sebagai berikut [13]:

$$\int_a^b f(x)dx = \frac{h}{2} [f(x_0) + f(x_1)] - \frac{h^3}{12} f''(\varepsilon). \quad (2.6)$$

Error dari aturan *Trapezoidal* didefinisikan sebagai berikut [14]:

$$E_T(f) = -\frac{(b-a)^3}{12N^2} f''(\varepsilon). \quad (2.7)$$

dengan:

N : jumlah data prediksi harga komoditas minyak mentah
 $f''(\varepsilon)$: turunan kedua dari $f(\varepsilon(x))$

2.8 Model *Ornstein-Uhlenbeck* Termodifikasi

Model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi merupakan salah satu model satu faktor dari persamaan diferensial stokastik yang mengikuti *mean reverting process* atau proses pengembalian ke nilai rata-rata, yang artinya proses pengembalian harga komoditas minyak mentah ke nilai rata-rata (μ) dengan laju pengembalian yang ditentukan oleh η , dan volatilitas (σ) berupa persentase perubahan harga komoditas minyak mentah [8].

Pada model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi, parameter *drift term* berupa $\eta(\mu - P)$, dan parameter *diffusion term*

berupa σP , sehingga model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dapat didefinisikan sebagai berikut [8]:

$$dP = \eta(\mu - P) dt + \sigma P dZ, \quad (2.8)$$

dengan:

η : laju pengembalian harga komoditas minyak mentah

μ : *drift return* harga komoditas minyak mentah

P : harga komoditas minyak mentah

σ : volatilitas *return* harga komoditas minyak mentah

Z : proses *Wiener* atau *Brownian motion*.

Berdasarkan persamaan (2.8) dilakukan penurunan rumus model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dengan SDE *Stratonovich* menggunakan persamaan (2.4). Pada persamaan (2.4) diasumsikan bahwa $\mu(P, t) = \eta(\mu - P)$, $\sigma(P, t) = \sigma P$, dan $\frac{\partial \sigma(P, t)}{\partial P} = \sigma$, sehingga persamaan (2.4) dapat ditulis:

$$dP = \left[\eta(\mu - P) - \frac{\sigma^2}{2} P \right] dt + \sigma P dZ. \quad (2.9)$$

Persamaan (2.8) diturunkan terhadap dt , maka:

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= \left[\eta(\mu - P) - \frac{\sigma^2}{2} P \right] \frac{dt}{dt} + \sigma P \frac{dZ}{dt} \\ \frac{dP}{dt} &= \left[\eta\mu - \eta P - \frac{\sigma^2}{2} P \right] + \sigma P \frac{dZ}{dt} \\ \frac{dP}{dt} &= \left[\eta\mu - \eta P - \frac{\sigma^2}{2} P \right] + \sigma P Z' \\ \frac{dP}{dt} + \eta P + \frac{\sigma^2}{2} P - \sigma P Z' &= \eta\mu \\ \frac{dP}{dt} + \left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} - \sigma Z' \right) P &= \eta\mu. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Persamaan (2.10) dikali dengan faktor integrasi $e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z}$, sehingga dapat ditulis:

$$\begin{aligned} \left[\frac{dP}{dt} + \left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} - \sigma Z' \right) P \right] e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z} &= \eta \mu e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z} \\ \frac{dP}{dt} e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z} + \left[\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} - \sigma Z' \right) e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z} \right] P &= \eta \mu e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z} \quad (2.11) \end{aligned}$$

Persamaan $\frac{dP}{dt} e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z} + \left[\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} - \sigma Z' \right) e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z} \right] P$ merupakan hasil turunan dari $\frac{dP}{dt} e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z}$, sehingga persamaan (2.11) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{dP}{dt} e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z} = \eta \mu e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t - \sigma Z}. \quad (2.12)$$

Selanjutnya, persamaan (2.12) diintegrasikan dari u sampai t dengan $u \leq t$, sehingga dapat ditulis:

$$\int_u^t \frac{d \left(P e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) t - \sigma Z} \right)}{dt} dt = \eta \mu \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) t - \sigma Z} dt.$$

Karena batas integral dari u sampai t maka untuk mempermudah proses pengintegralan digunakan peubah Dummy, dimana variabel bebas t diganti dengan s .

$$P_t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) t - \sigma Z_t} - P_u e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) u - \sigma Z_u} = \eta \mu \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) s - \sigma Z_s} dS$$

$$P_t = \frac{P_u e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) u - \sigma Z_u} + \eta \mu \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) s - \sigma Z_s} dS}{e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) t - \sigma Z_t}}$$

$$P_t = P_u e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) (t-u) + \sigma (Z_t - Z_u)} + \eta \mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) t} \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) s + \sigma (Z_t - Z_s)} dS.$$

Sehingga, untuk setiap prediksi harga komoditas minyak mentah pada waktu t dapat diperoleh dari persamaan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi sebagai berikut:

$$F_t = F_{(t-1)} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(t-u) + \sigma(Z_t - Z_u)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS, \quad (2.13)$$

dengan:

F_t : prediksi harga komoditas minyak mentah pada waktu t

$F_{(t-1)}$: prediksi harga komoditas minyak mentah pada waktu $t - 1$

η : laju pengembalian harga komoditas minyak mentah

μ : *drift return* harga komoditas minyak mentah

σ : volatilitas *return* harga komoditas minyak mentah

Z : proses *Wiener* atau *Brownian motion*.

Pada persamaan $\int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS$ dapat diselesaikan menggunakan persamaan (2.6) dengan Z_t dan Z_s merupakan proses *Wiener*.

2.9 Return Harga Komoditas Minyak Mentah

Return adalah total keuntungan atau kerugian pada investasi dalam periode waktu tertentu. Secara umum terdapat dua macam *return* antara lain [15]:

1. Return Aset Total

Return aset total atau biasa disebut *return* investasi yaitu pengukuran keefektifan manajemen dalam menghasilkan laba dengan aset yang tersedia. *Return* aset total dapat dihitung dengan: *Return* aset total = laba pemegang aset \div aset total.

2. *Return* Ekuitas

Return ekuitas yaitu pengukuran pengembalian yang diperoleh pemegang aset investasi pada sebuah perusahaan. *Return* ekuitas dapat dihitung dengan:

Return ekuitas = laba pemegang aset \div ekuitas aset.

Perubahan harga komoditas minyak mentah bersifat fluktuatif (mengalami kenaikan dan penurunan) secara signifikan, sehingga perlu diketahui nilai *return* dari harga komoditas minyak mentah. Rumus *return* harga komoditas minyak mentah didefinisikan sebagai berikut [16]:

$$R_t = \ln \left(\frac{P_{t+1}}{P_t} \right), \quad (2.14)$$

dengan:

R_t : *return* harga komoditas minyak mentah pada waktu t

P_t : harga komoditas minyak mentah aktual pada waktu t

P_{t+1} : harga komoditas minyak mentah aktual pada waktu $t + 1$.

2.10 Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak normal. Uji normalitas dapat dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* [17].

Hipotesis:

H_0 : sampel berdistribusi normal

H_1 : sampel tidak berdistribusi normal.

Statistik uji:

$$D_{hitung} = \max |F_0(X) - S_N(X)|,$$

dengan:

D_{hitung} : deviasi maksimum

$\max |F_0(X) - S_N(X)|$: nilai maksimum untuk semua x dari selisih mutlak $F_0(X)$ dan $S_N(X)$

$F_0(X)$: fungsi berdistribusi yang di-hipotesiskan berdistribusi normal

$S_N(X)$: fungsi berdistribusi komulatif dari data sampel.

Kriteria pengujian:

Jika $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$ (nilai $\alpha = 5\%$), maka H_0 diterima yang berarti data sampel berdistribusi normal.

Uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dapat dilakukan menggunakan *Software Minitab*, yaitu jika nilai $P\text{-value} > \alpha$, maka H_0 diterima yang berarti data sampel berdistribusi normal, dimana $P\text{-value}$ merupakan probabilitas kesalahan terkecil [17].

2.11 Estimasi Parameter

Sebelum memprediksi harga komoditas minyak mentah terlebih dahulu harus mengestimasi nilai parameter *rate of reversion* dari data harga komoditas minyak mentah, *drift* dan volatilitas dari data *return* harga komoditas minyak mentah. Skala dari parameter *rate of reversion*, *drift*, dan volatilitas adalah waktu. Parameter *rate of reversion*, *drift*, dan volatilitas memiliki efek yang berbeda pada lintasan harga komoditas minyak mentah [11].

2.11.1 Rate Of Reversion

Rate of reversion adalah laju pengembalian harga komoditas minyak mentah, rumus dari *rate of reversion* didefinisikan sebagai berikut [18]:

$$\eta = -\frac{\ln(\hat{\phi})}{\delta t}, \quad (2.15)$$

nilai $\hat{\phi}$ diperoleh dari

$$\hat{\phi} = \frac{(N \times \sum_{t=1}^N P_{t-1} P_t) - (\sum_{t=1}^N P_{t-1} \times \sum_{t=1}^N P_t)}{(N \times \sum_{t=1}^N P_{t-1}^2) - (\sum_{t=1}^N P_{t-1})^2}, \quad (2.16)$$

dengan:

- η : laju pengembalian harga komoditas minyak mentah
- δt : selang waktu
- $P_{(t-1)}$: harga komoditas minyak mentah aktual pada waktu $t - 1$
- $P_{(t)}$: harga komoditas minyak mentah aktual pada waktu t
- N : jumlah data aktual harga komoditas minyak mentah.

2.11.2 *Drift*

Drift adalah tingkat pertumbuhan yang diharapkan pada harga komoditas minyak mentah, rumus dari *drift* didefinisikan sebagai berikut [19]:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N R_t, \quad (2.17)$$

dengan:

- μ : *drift return* harga komoditas minyak mentah
- N : jumlah data *return* harga komoditas minyak mentah
- R_t : data *return* harga komoditas minyak mentah pada waktu t .

2.11.3 *Volatilitas*

Volatilitas adalah ukuran tingkat ketidakpastian mengenai pergerakan harga komoditas minyak mentah dimasa yang akan datang, rumus dari volatilitas didefinisikan sebagai berikut [19]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{t=1}^N (R_t - \bar{R})^2}, \quad (2.18)$$

dengan:

- σ : volatilitas *return* harga komoditas minyak mentah
- N : jumlah data *return* harga komoditas minyak mentah

R_t : data *return* harga komoditas minyak mentah pada waktu t

\bar{R} : data rata-rata *return* harga komoditas minyak mentah.

2.12 MAPE

MAPE adalah ukuran standar yang sering digunakan dalam ukuran kesesuaian sebuah metode peramalan. MAPE digunakan untuk melihat seberapa jauh (dalam %) hasil prediksi harga komoditas minyak mentah yang menyimpang dari data sebenarnya. Jika nilai MAPE yang dihasilkan dari sebuah metode peramalan semakin kecil, maka metode peramalan tersebut semakin baik. Rumus dari MAPE didefinisikan sebagai berikut [20]:

$$MAPE = \frac{\sum_{k=1}^N \left| \left(\frac{P_t - F_t}{P_t} \right) \times 100 \right|}{N}, \quad (2.19)$$

dengan:

P_t : harga komoditas minyak mentah aktual pada waktu t

F_t : prediksi harga komoditas minyak mentah pada waktu t

N : jumlah data prediksi harga komoditas minyak mentah.

Persentase MAPE dan tingkat akurasi peramalan dapat dilihat pada Tabel 2.1. [20]:

Tabel 2.1: Persentase MAPE dan Tingkat Akurasi Peramalan

Persentase MAPE	Tingkat Akurasi Peramalan
$< 10\%$	Akurasi peramalan tinggi
$10\% - 20\%$	Akurasi peramalan baik
$21\% - 50\%$	Akurasi peramalan biasa
$> 50\%$	Peramalan tidak akurat

2.13 Selang Kepercayaan

Berdasarkan sebaran penarikan contoh bagi μ , dengan suatu sebaran normal, atau bila n cukup besar, maka dapat

diperoleh selang kepercayaan bagi μ menggunakan sebaran penarikan contoh bagi \bar{X} adalah normal dengan nilai tengah $\mu_{\bar{x}} = \mu$ dan simpangan baku $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, dengan melambangkan $z_{\alpha/2}$ bagi nilai Z yang luas daerah di sebelah kanan di bawah kurva normalnya adalah $\alpha/2$, maka dapat dituliskan [21]:

$$P(-z_{\alpha/2} < Z < z_{\alpha/2}) = 1 - \alpha,$$

dimana $1 - \alpha$ disebut koefisien kepercayaan atau tingkat kepercayaan dan α disebut ambang batas maksimal dimungkinkannya melakukan kesalahan dalam pengambilan keputusan, dalam hal ini $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$, dengan demikian [21]:

$$P(-z_{\alpha/2} < \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} < z_{\alpha/2}) = 1 - \alpha,$$

maka diperoleh:

$$P(\bar{X} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}) = 1 - \alpha.$$

Selang kepercayaan bagi μ dengan σ diketahui, bila \bar{x} adalah nilai tengah contoh acak berukuran n yang diambil dari suatu populasi dengan ragam σ^2 diketahui, maka selang kepercayaan $(1 - \alpha)100\%$ bagi μ adalah sebagai berikut [21]:

$$\bar{X} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

dimana $\bar{X} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ adalah batas kepercayaan bawah dan $\bar{X} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ adalah batas kepercayaan atas, dengan demikian dibuat selang kepercayaan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dengan selang 95%. Berdasarkan

persamaan berikut:

$$\ln F_t = \ln F_{t-1} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(t-u) + \sigma(Z_t - Z_u)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS,$$

dimana F_t adalah prediksi harga komoditas minyak mentah pada waktu t , dengan η , μ , dan σ adalah parameter yang diestimasi dari sampel berukuran besar dan diambil dari populasi, sehingga dengan selang kepercayaan 95% ditunjukkan prediksi harga komoditas minyak mentah terletak di dalam selang kepercayaan, dimana parameter [22]:

$$\text{mean} = F_{t-1} e^{(-\eta t)} + \frac{\eta\mu}{\eta + \frac{\sigma^2}{2}} \left(1 + e^{\left(-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t\right)} \right)$$

$$\text{variansi} = F_{t-1}^2 (e^{(\sigma^2 t)} - 1) e^{(-2\eta t)},$$

sehingga selang kepercayaan 95% dari $\ln F_t$ adalah sebagai berikut [22]:

$$\ln F_{t-1} e^{(-\eta t)} + \frac{\eta\mu}{\eta + \frac{\sigma^2}{2}} \left(1 + e^{\left(-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t\right)} \right) - 1,96$$

$$\sqrt{F_{t-1}^2 (e^{(\sigma^2 t)} - 1) e^{(-2\eta t)}} \leq \ln F_t \leq \ln F_{t-1} e^{(-\eta t)} +$$

$$\frac{\eta\mu}{\eta + \frac{\sigma^2}{2}} \left(1 + e^{\left(-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) t \right)} \right) + 1,96 \sqrt{F_{t-1}^2 (e^{(\sigma^2 t)} - 1) e^{(-2\eta t)}},$$

untuk mendapatkan selang kepercayaan dari model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{t-1}e^{(-\eta t)} + \frac{\eta\mu}{\eta + \frac{\sigma^2}{2}} \left(1 + e^{\left(-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) t \right)} \right) - 1,96 \sqrt{F_{t-1}^2 (e^{(\sigma^2 t)} - 1) e^{(-2\eta t)}} \leq F_t \leq F_{t-1}e^{(-\eta t)} + \frac{\eta\mu}{\eta + \frac{\sigma^2}{2}} \left(1 + e^{\left(-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2} \right) t \right)} \right) + 1,96 \sqrt{F_{t-1}^2 (e^{(\sigma^2 t)} - 1) e^{(-2\eta t)}} \quad (2.20)$$

dengan:

F_{t-1} : prediksi harga komoditas minyak mentah pada waktu $t - 1$

F_t : prediksi harga komoditas minyak mentah pada waktu t

η : *rate of reversion* atau laju pengembalian harga komoditas minyak mentah

μ : *drift return* harga komoditas minyak mentah

σ : volatilitas *return* harga komoditas minyak mentah

Pada persamaan (2.21) dapat digunakan untuk menghitung selang kepercayaan 95% pada prediksi harga komoditas minyak mentah dengan nilai $\alpha = 5\%$.

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan langkah-langkah yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir secara rinci. Metode penelitian yang digunakan berguna sebagai acuan agar tugas akhir ini dapat berjalan secara sistematis. Metode penelitian ini terdiri dari lima tahapan antara lain:

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan teori-teori pendukung yang menunjang pengerjaan tugas akhir, seperti proses stokastik, *random walk*, proses *Wiener*, persamaan diferensial stokastik, SDE *Stratonovich*, aturan *Trapezoidal*, model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi, *return* harga komoditas minyak mentah, uji normalitas, *rate of reversion*, *drift*, volatilitas, MAPE, dan selang kepercayaan.

2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir, dimana data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian harga komoditas minyak mentah mulai 4 Januari 2016 hingga 30 Desember 2016 yang diakses melalui <https://www.eia.gov>. Tabel data harga komoditas minyak mentah bulan Januari 2016 hingga Desember 2016 dapat dilihat pada Lampiran A. Data harga komoditas minyak mentah dibagi menjadi 2 bagian yaitu data *in-sample* atau *training*, dan data *out-sample* atau *testing*. Data *in-sample* yang digunakan

adalah data bulan Januari 2016 hingga November 2016, sedangkan data *out-sample* yang digunakan adalah data bulan Desember 2016. Selanjutnya, dari data harga komoditas minyak mentah bulan Januari 2016 hingga November 2016 dilakukan perhitungan *return* harga komoditas minyak mentah, kemudian dari nilai *return* harga komoditas minyak mentah dilakukan uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

3. Analisis Model *Ornstein-Uhlenbeck* Termodifikasi

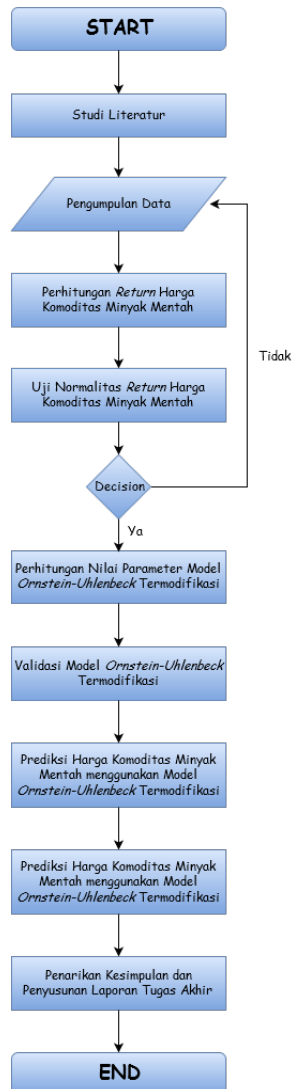
Pada tahap ini dilakukan analisis model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi yang meliputi:

a. Menghitung Nilai Parameter Model *Ornstein-Uhlenbeck* Termodifikasi

Perhitungan nilai parameter model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter *rate of reversion* (η), *drift* (μ), dan volatilitas (σ) yang selanjutnya digunakan untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah.

b. Validasi Model *Ornstein-Uhlenbeck* Termodifikasi

Validasi model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dilakukan dengan menghitung prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Desember 2016 menggunakan persamaan F_t dan nilai parameter η , μ , dan σ yang sudah diperoleh pada pembahasan sebelumnya. Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai MAPE dari hasil prediksi harga komoditas minyak mentah untuk melihat seberapa jauh (dalam %) hasil prediksi harga komoditas minyak mentah yang menyimpang dari data aktual.



Gambar 3.1: Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

4. **Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah Menggunakan Model *Ornstein-Uhlenbeck* Termodifikasi**

Pada tahap ini dilakukan prediksi harga komoditas minyak mentah menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi pada bulan Januari 2017 dengan rumus F_t dan nilai parameter η , μ , dan σ yang sudah diperoleh pada pembahasan sebelumnya. Selanjutnya, dari hasil prediksi harga komoditas minyak mentah menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dibuat selang kepercayaan untuk mengetahui apakah data prediksi harga komoditas minyak mentah di masa yang akan datang berada pada selang kepercayaan yang sudah ditentukan.

5. **Penarikan Kesimpulan dan Penyusunan Laporan Tugas Akhir**

Pada tahap akhir penelitian ini dilakukan penarikan kesimpulan dan penyusunan laporan tugas akhir dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah.

Diagram alir pengerjaan tugas akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas tentang model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dalam memprediksi harga komoditas minyak mentah. Pembahasan meliputi perhitungan *return* harga komoditas minyak mentah, uji normalitas *return* harga komoditas minyak mentah, analisis model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi yang meliputi perhitungan nilai parameter model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi, validasi model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dengan menghitung prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Desember 2016 dan menghitung nilai MAPE, selanjutnya dilakukan prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Januari 2017 menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dan menghitung selang kepercayaan.

4.1 Perhitungan *Return* Harga Komoditas Minyak Mentah

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *return* harian harga komoditas minyak mentah mulai 4 Januari 2016 hingga 30 November 2016 yang berjumlah 231 data. Berdasarkan persamaan (2.14), diperoleh perhitungan *return* harian harga komoditas minyak mentah sebagai berikut:

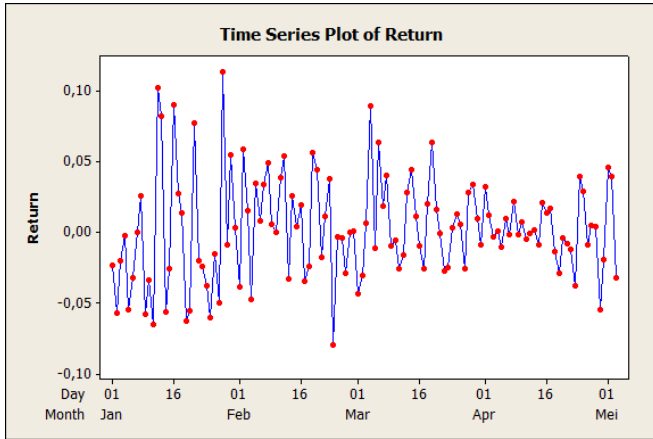
$$R_1 = \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = \ln \left(\frac{35,97}{36,81} \right) = -0,02308$$

$$R_2 = \ln \left(\frac{P_3}{P_2} \right) = \ln \left(\frac{33,97}{35,97} \right) = -0,05721$$

$$\begin{aligned}
R_3 &= \ln \left(\frac{P_4}{P_3} \right) = \ln \left(\frac{33,29}{33,97} \right) = -0,02022 \\
&\vdots \\
R_{229} &= \ln \left(\frac{P_{230}}{P_{229}} \right) = \ln \left(\frac{45,29}{45,66} \right) = -0,00814 \\
R_{230} &= \ln \left(\frac{P_{231}}{P_{230}} \right) = \ln \left(\frac{49,41}{45,29} \right) = 0,08707.
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan *return* harian harga komoditas minyak mentah mulai 4 Januari 2016 hingga 30 November 2016 dapat dilihat pada Lampiran B.

Berikut ini ditampilkan *time series plot* dari *return* harian harga komoditas minyak mentah yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: *Time Series Plot Return* Harian Harga Komoditas Minyak Mentah

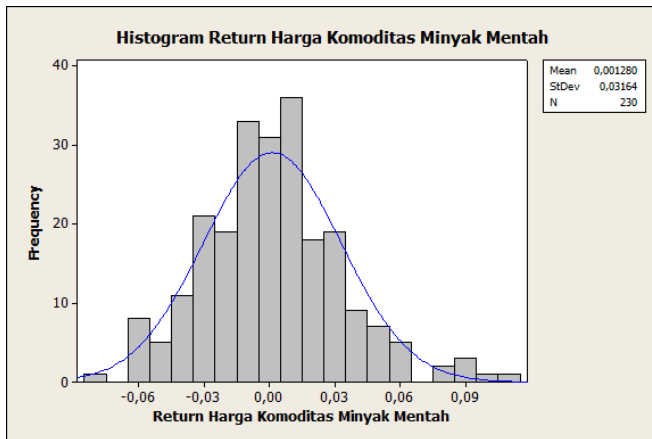
Berdasarkan *time series plot* pada Gambar 4.1, terlihat bahwa *return* harian harga komoditas minyak mentah merupakan proses *Wiener*, hal ini dikarenakan nilai *return*

harian harga komoditas minyak mentah yang berubah secara acak pada selang waktu tertentu, sehingga *return* harian harga komoditas minyak mentah harus berdistribusi normal.

4.2 Uji Normalitas

Pada tahap ini dilakukan pengujian data *return* harga komoditas minyak mentah mulai 4 Januari 2016 hingga 29 November 2016 yang berjumlah 230 data. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data *return* harga komoditas minyak mentah berdistribusi normal atau tidak normal.

Berikut ini ditampilkan histogram *return* harga komoditas minyak mentah yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Histogram *Return* Harga Komoditas Minyak Mentah

Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa histogram *return* harga komoditas minyak mentah mengikuti garis bantuan distribusi normal, sehingga dapat disimpulkan bahwa data *return* harga komoditas minyak mentah telah menyebar secara normal. Selanjutnya, dilakukan uji normalitas menggunakan

uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Hipotesis:

H_0 : sampel berdistribusi normal

H_1 : sampel tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

$$\begin{aligned} D_{hitung} &= \max |F_0(X) - S_N(X)| \\ &= 0,053 \end{aligned}$$

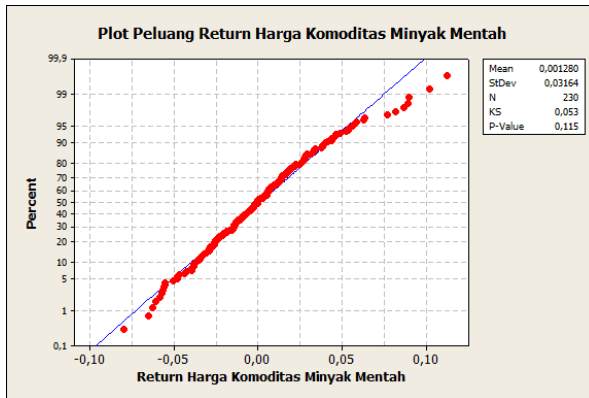
$$D_{0.05;230} = 0,089$$

Nilai dari $D_{\alpha,n}$ dapat dilihat pada Lampiran C.

Kriteria pengujian:

Karena $D_{hitung} = 0,053 < D_{0.05;230} = 0,089$ dengan nilai $\alpha = 5\%$, maka H_0 tidak ditolak, dengan kata lain data sampel *return* harga komoditas minyak mentah berdistribusi normal.

Uji normalitas *return* harga komoditas minyak mentah menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dapat dilakukan dengan *Software* Minitab 16 yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Uji Normalitas Menggunakan Uji *Kolmogorov-Smirnov*

Berdasarkan uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* ditunjukkan bahwa data *return* harga komoditas minyak mentah menyebar disekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal, selain itu nilai *P-value* $\geq 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa *return* harga komoditas minyak mentah berdistribusi normal. Perhitungan manual uji normalitas *return* harga komoditas minyak mentah dapat dilihat pada Lampiran D.

4.3 Analisis Model *Ornstein-Uhlenbeck* Termodifikasi

Pada tahap ini dilakukan analisis model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah. Berikut ini merupakan tahapan untuk menganalisis model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi.

4.3.1 Menghitung Nilai Parameter Model *Ornstein-Uhlenbeck* Termodifikasi

Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai parameter model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi untuk mendapatkan nilai parameter *rate of reversion* (η), *drift* (μ), dan volatilitas (σ). Nilai parameter *rate of reversion*, *drift*, dan volatilitas adalah konstan, dimana dari nilai parameter tersebut dapat digunakan untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah bulan Desember 2016.

Sebelum melakukan perhitungan nilai parameter *rate of reversion*, terlebih dahulu harus mencari nilai $\hat{\phi}$ menggunakan persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{\phi} &= \frac{(231 \times \sum_{t=1}^{230} P_{t-1}P_t) - (\sum_{t=1}^{230} P_{t-1} \times \sum_{t=1}^{230} P_t)}{(231 \times \sum_{t=1}^{230} P_{t-1}^2) - (\sum_{t=1}^{230} P_{t-1})^2} \\ &= \frac{(231 \times 424924,44) - (9769,21 \times 9781,81)}{(231 \times 424551,60) - (9769,21)^2} \\ &= 0,98597.\end{aligned}$$

Selanjutnya, dengan persamaan (2.15) diperoleh nilai parameter *rate of reversion* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\eta &= -\frac{\ln(\hat{\phi})}{\delta t} \\ &= -\frac{\ln(0,98597)}{1} \\ &= 0,01413.\end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai parameter *rate of reversion*, selanjutnya menghitung nilai parameter *drift* menggunakan persamaan (2.17), sehingga diperoleh nilai parameter *drift* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{230} (R_1 + R_2 + \dots + R_{229} + R_{230}) \\ &= \frac{1}{230} (-0,02308 - 0,05721 + \dots - 0,00814 + 0,08707) \\ &= 0,00128.\end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai parameter *drift*, selanjutnya menghitung nilai parameter volatilitas menggunakan persamaan (2.18), sehingga diperoleh nilai parameter volatilitas sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{230} ((R_t - \bar{R})^2 + \dots + (R_{230} - \bar{R})^2)}{(230 - 1)}} \\ &= \sqrt{\frac{((-0,02308 - 0,00128)^2 + \dots + (0,08707 - 0,00128)^2)}{229}} \\ &= 0,03165.\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai parameter *rate of reversion* (η), *drift* (μ), dan volatilitas (σ) dapat dilihat pada Lampiran E.

4.3.2 Validasi Model *Ornstein-Uhlenbeck* Termodifikasi

Pada subbab ini dilakukan validasi model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi yang meliputi:

1. Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah

Pada tahap ini dilakukan perhitungan prediksi harga komoditas minyak mentah mulai 1 Desember 2016 hingga 30 Desember 2016 menggunakan persamaan (2.13) dengan nilai parameter *rate of reversion* (η), *drift* (μ), dan volatilitas (σ) yang sudah dibahas pada subbab sebelumnya.

Berdasarkan persamaan (2.13) dapat dilakukan perhitungan prediksi harga komoditas minyak mentah dengan nilai awal yang digunakan adalah hasil prediksi harga komoditas minyak mentah pada hari sebelumnya, dengan bantuan *Software* Matlab maka diperoleh hasil prediksi harga komoditas minyak mentah sebagai berikut:

$$F_t = F_{(t-1)} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(t-u) + \sigma(Z_t - Z_u)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS.$$

Jika $(t - u) \approx dt = 1$ dan $(Z_t - Z_u) \approx dZ_t = \varepsilon\sqrt{dt}$ [23] merupakan variabel acak yang menunjukkan proses *Wiener*, maka dapat ditulis:

$$F_t = F_{(t-1)} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(\varepsilon\sqrt{dt})} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS.$$

Perhitungan prediksi harga komoditas minyak mentah menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi mulai 1 Desember 2016 hingga 30 Desember 2016 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
F_1 &= P_0 \\
&= 49,41. \\
F_2 &= F_1 e^{-\left(0,01413 + \frac{(0,03165)^2}{2}\right)(dt) + 0,03165(dZ_t)} + \\
&\quad (0,01413)(0,00128) e^{-\left(0,01413 + \frac{(0,03165)^2}{2}\right)t} \\
&\quad \int_u^t e^{-\left(0,01413 + \frac{(0,03165)^2}{2}\right)s + (0,03165)(Z_t - Z_s)} dS \\
&= 49,41 e^{-\left(0,01413 + \frac{(0,03165)^2}{2}\right) + 0,03165(\varepsilon)} + \\
&\quad (0,01413)(0,00128) e^{-\left(0,01413 + \frac{(0,03165)^2}{2}\right)t} \\
&\quad \int_u^t e^{-\left(0,01413 + \frac{(0,03165)^2}{2}\right)s + (0,03165)(Z_t - Z_s)} dS \\
&= 48,25. \\
&\vdots \\
F_{20} &= F_{19} e^{-\left(0,01413 + \frac{(0,03165)^2}{2}\right)(dt) + 0,03165(dZ_t)} + \\
&\quad (0,01413)(0,00128) e^{-\left(0,01413 + \frac{(0,03165)^2}{2}\right)t}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \int_u^t e^{\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)s+(0,03165)(Z_t-Z_s)} dS \\
= & \quad 32,37 \, e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)+0,03165(\varepsilon)} + \\
& \quad (0,01413)(0,00128) \, e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)t} \\
& \quad \int_u^t e^{\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)s+(0,03165)(Z_t-Z_s)} dS \\
= & \quad 31,55. \\
F_{21} = & \quad F_{20} \, e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)(dt)+0,03165(dZ_t)} + \\
& \quad (0,01413)(0,00128) \, e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)t} \\
& \quad \int_u^t e^{\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)s+(0,03165)(Z_t-Z_s)} dS \\
= & \quad 31,55 \, e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)+0,03165(\varepsilon)} + \\
& \quad (0,01413)(0,00128) \, e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)t} \\
& \quad \int_u^t e^{\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)s+(0,03165)(Z_t-Z_s)} dS \\
= & \quad 30,90.
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan prediksi harga komoditas minyak mentah menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dengan nilai awal yang digunakan adalah hasil prediksi harga komoditas minyak mentah pada hari sebelumnya, dimana nilai parameter *rate of reversion* (η) adalah 0,01413, *drift* (μ) adalah 0,00128, dan volatilitas (σ) adalah 0,03165 dapat dilihat pada Lampiran F.

Nilai *error* dari persamaan $\int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS$ dapat dihitung menggunakan persamaan (2.7), sehingga:

$$\int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS,$$

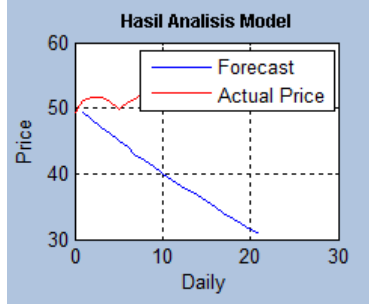
dimana:

$$f''(\varepsilon) = \left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)^2 e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s},$$

maka diperoleh:

$$\begin{aligned} E_T(f) &= -\frac{(b-a)^3}{12N^2} f''(\varepsilon) \\ &= -\frac{(1-0)^3}{12 \times (21)^2} \left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)^2 e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s} \\ &= -\frac{1}{5292} \left(0,01413 + \left(\frac{(0,03165)^2}{2}\right)^2\right) \times 1 \\ &= -2,67 \times 10^{-6}. \end{aligned}$$

Pada Gambar 4.4 ditunjukkan grafik hasil prediksi harga komoditas minyak mentah menggunakan *Software* Matlab.



Gambar 4.4: Grafik Hasil Perhitungan Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah

Berdasarkan [10], dengan persamaan (2.13) yaitu:

$$F_t = F_{(t-1)} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(t-u) + \sigma(Z_t - Z_u)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS,$$

dimana $(t - u) \approx dt = 1$ dan $(Z_t - Z_u) \approx dZ_t = \varepsilon\sqrt{dt}$, dibuat program untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah dengan 1000 realisasi lintasan yang mungkin dari model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi, dengan setiap realisasi lintasan menggunakan persamaan (2.13) yang diiterasi sebanyak 21 kali. Penjelasan mengenai iterasi tersebut adalah sebagai berikut, misalkan i adalah setiap realisasi lintasan yang mungkin dari model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi, maka:

untuk $i = 1$

$$F_1 = P_0.$$

$$F_2 = F_1 e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(dZ_t)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}$$

$$\begin{aligned}
& \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS. \\
& \vdots \\
F_{20} &= F_{19} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(dZ_t)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \\
& \quad \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS. \\
F_{21} &= F_{20} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(dZ_t)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \\
& \quad \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS.
\end{aligned}$$

Untuk $i = 2$

$$\begin{aligned}
F_1 &= P_0. \\
F_2 &= F_1 e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(dZ_t)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \\
& \quad \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS. \\
& \vdots \\
F_{20} &= F_{19} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(dZ_t)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}
\end{aligned}$$

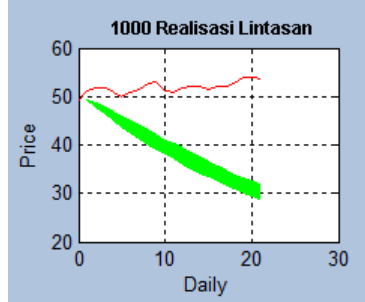
$$\begin{aligned}
& \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS. \\
F_{21} &= F_{20} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(dZ_t)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \\
& \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS.
\end{aligned}$$

Untuk $i = 3$

$$\begin{aligned}
F_1 &= P_0. \\
F_2 &= F_1 e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(dZ_t)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \\
& \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS. \\
& \vdots \\
F_{20} &= F_{19} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(dZ_t)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \\
& \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS. \\
F_{21} &= F_{20} e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)(dt) + \sigma(dZ_t)} + \eta\mu e^{-\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} \\
& \int_u^t e^{\left(\eta + \frac{\sigma^2}{2}\right)s + \sigma(Z_t - Z_s)} dS.
\end{aligned}$$

Perulangan di atas dilakukan hingga $i = 1000$.

Pada Gambar 4.5 ditunjukkan hasil prediksi harga komoditas minyak mentah hingga $i = 1000$ lintasan menggunakan *Software Matlab*.



Gambar 4.5: Hasil 1000 Realisasi Lintasan Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa setiap garis hijau adalah hasil realisasi lintasan yang mungkin dari model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dan garis merah adalah data aktual harga komoditas minyak mentah. Terlihat bahwa hasil prediksi harga komoditas minyak mentah yang dilakukan sebanyak 1000 kali lintasan memiliki hasil yang menyimpang dari data aktual harga komoditas minyak mentah.

2. Menghitung Nilai MAPE

Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai MAPE untuk melihat seberapa jauh (dalam %) prediksi harga komoditas minyak mentah menyimpang dari data aktual. Berdasarkan persamaan (2.19) diperoleh nilai *error* dari prediksi harga komoditas minyak mentah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{k=1}^{21} \left| \left(\frac{P_t - F_t}{P_t} \right) \times 100 \right|}{21}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\left| \left(\frac{P_1 - F_1}{P_1} \right) \times 100 \right| + \dots + \left| \left(\frac{P_{21} - F_{21}}{P_{21}} \right) \times 100 \right|}{21} \\
&= \frac{\left| \left(\frac{49,41 - 51,08}{49,41} \right) \times 100 \right| + \dots + \left| \left(\frac{53,75 - 30,90}{53,75} \right) \times 100 \right|}{21} \\
&= 23,81\%.
\end{aligned}$$

Hasil prediksi harga komoditas minyak mentah menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi dengan nilai parameter *rate of reversion* (η) adalah 0,01413, *drift* (μ) adalah 0,00128, dan volatilitas (σ) adalah 0,03165 menghasilkan nilai MAPE 23,81%, sehingga berdasarkan Tabel 2.1 terlihat bahwa prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Desember 2016 menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi merupakan akurasi peramalan biasa.

4.4 Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah Menggunakan Model *Ornstein-Uhlenbeck* Termodifikasi

Berdasarkan hasil validasi model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi yang sudah dibahas pada subbab sebelumnya, maka dilakukan prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Januari 2017, dengan persamaan (2.13) maka diperoleh prediksi harga komoditas minyak mentah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
F_1 &= P_0 \\
&= 53,75. \\
F_2 &= F_1 e^{-\left(0,01413 + \frac{(0,03165)^2}{2}\right)(dt) + 0,03165(dZ_t)} +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& (0, 01413)(0, 00128) e^{-\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right)t} \\
& \int_u^t e^{\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right)s + (0, 03165)(Z_t - Z_s)} dS \\
= & 53, 75 e^{-\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right) + 0, 03165(\varepsilon)} + \\
& (0, 01413)(0, 00128) e^{-\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right)t} \\
& \int_u^t e^{\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right)s + (0, 03165)(Z_t - Z_s)} dS \\
= & 52, 10. \\
& \vdots \\
F_{20} = & F_{19} e^{-\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right)(dt) + 0, 03165(dZ_t)} + \\
& (0, 01413)(0, 00128) e^{-\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right)t} \\
& \int_u^t e^{\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right)s + (0, 03165)(Z_t - Z_s)} dS \\
= & 34, 14 e^{-\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right) + 0, 03165(\varepsilon)} + \\
& (0, 01413)(0, 00128) e^{-\left(0, 01413 + \frac{(0, 03165)^2}{2}\right)t}
\end{aligned}$$

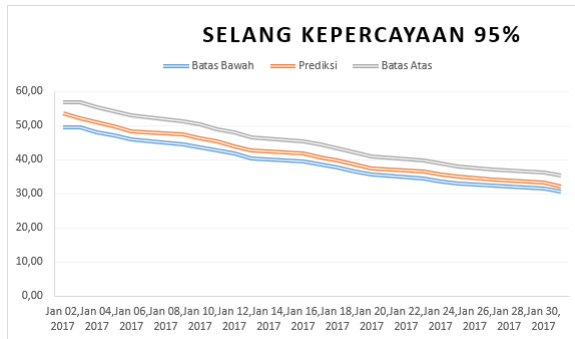
$$\begin{aligned}
& \int_u^t e^{\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)s+(0,03165)(Z_t-Z_s)} dS \\
& = 33,33. \\
F_{21} & = F_{20} e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)(dt)+0,03165(dZ_t)} + \\
& \quad (0,01413)(0,00128) e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)t} \\
& \quad \int_u^t e^{\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)s+(0,03165)(Z_t-Z_s)} dS \\
& = 33,33 e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)+0,03165(\varepsilon)} + \\
& \quad (0,01413)(0,00128) e^{-\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)t} \\
& \quad \int_u^t e^{\left(0,01413+\frac{(0,03165)^2}{2}\right)s+(0,03165)(Z_t-Z_s)} dS \\
& = 32,31.
\end{aligned}$$

Hasil prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Januari 2017 dengan nilai parameter *rate of reversion* (η) adalah 0,01413, nilai parameter *drift* (μ) adalah 0,00128, dan nilai parameter volatilitas (σ) adalah 0,03165 menghasilkan rata-rata prediksi harga komoditas minyak mentah senilai \$42,23/barrel dengan prediksi harga tertinggi senilai \$53,75/barrel dan prediksi harga terendah senilai \$32,31/barrel.

Berdasarkan persamaan (2.20) dapat dihitung selang kepercayaan dari hasil prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Januari 2017. Hasil prediksi dan selang kepercayaan harga komoditas minyak mentah bulan Januari 2017 dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.1: Selang Kepercayaan Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah Bulan Januari 2017

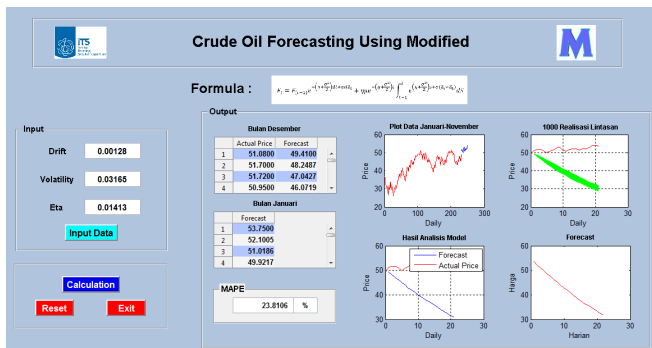
No	Tanggal	Batas Bawah	Prediksi	Batas Atas
1	Jan 02, 2017	49,58	53,75	57,05
2	Jan 03, 2017	49,58	52,10	57,05
3	Jan 04, 2017	48,06	51,02	55,30
4	Jan 05, 2017	47,06	49,92	54,15
5	Jan 06, 2017	46,05	48,40	52,99
6	Jan 09, 2017	44,64	47,46	51,37
7	Jan 10, 2017	43,78	46,23	50,37
8	Jan 11, 2017	42,65	45,31	49,07
9	Jan 12, 2017	41,80	43,92	48,09
10	Jan 13, 2017	40,51	42,77	46,62
11	Jan 16, 2017	39,45	42,02	45,40
12	Jan 17, 2017	38,76	40,80	44,60
13	Jan 18, 2017	37,63	39,70	43,30
14	Jan 19, 2017	36,62	38,59	42,14
15	Jan 20, 2017	35,60	37,58	40,96
16	Jan 23, 2017	34,66	36,59	39,88
17	Jan 24, 2017	33,75	35,84	38,84
18	Jan 25, 2017	33,06	35,13	38,04
19	Jan 27, 2017	32,40	34,14	37,28
20	Jan 30, 2017	31,49	33,33	36,23
21	Jan 31, 2017	30,74	32,31	35,38



Gambar 4.6: Grafik Selang Kepercayaan Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah

4.5 Program MATLAB

Pada subbab ini ditampilkan program Matlab prediksi harga komoditas minyak mentah dalam bentuk GUI, dengan input parameter *rate of reversion*, *drift*, dan *volatilitas*, *output* dari GUI dapat dilihat pada Gambar 4.7. *Flowchart* GUI dan *listing* program Matlab dapat dilihat pada Lampiran G.



Gambar 4.7: Tampilan GUI Matlab Prediksi Harga Komoditas Minyak Mentah

BAB V PENUTUP

Pada bab ini, diberikan kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir ini serta saran untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi untuk memprediksi harga komoditas minyak mentah bulan Desember 2016 dengan nilai parameter *rate of reversion* (η) = 0,01413, *drift* (μ) = 0,00128, dan volatilitas (σ) = 0,03165 menghasilkan rata-rata prediksi harga komoditas minyak mentah senilai \$39,50/barrel dengan prediksi harga tertinggi senilai \$49,41/barrel dan prediksi harga terendah senilai \$30,90/barrel. Nilai MAPE yang dihasilkan dari prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Desember 2016 sebesar 23,81%.
2. Hasil prediksi harga komoditas minyak mentah bulan Januari 2017 menggunakan model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi adalah rata-rata prediksi harga komoditas minyak mentah senilai \$42,23/barrel dengan prediksi harga tertinggi senilai \$53,75/barrel dan prediksi harga terendah senilai \$32,31/barrel.

5.2 Saran

Saran dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pada tugas akhir ini model yang digunakan hanya model *Ornstein-Uhlenbeck* termodifikasi. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan model persamaan diferensial stokastik yang lain sebagai perbandingan.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan lebih dari 230 data supaya pola *mean reverting* lebih terlihat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bangun, D.S., (2012), **Analisis Pengaruh Harga Minyak Dunia dan Volatilitasnya Terhadap Makroekonomi Indonesia**. Ilmu Ekonomi, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- [2] Nian, L.C., (2009), **Application of ARIMA and GARCH Models in Forecasting Crude Oil Prices**, Faculty of Science, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.
- [3] British Petroleum (BP) The Statistical Review of World Energy Market. <http://www.bp.com/statisticalreview/> diakses pada 24 Agustus 2016.
- [4] <http://www.seputarforex.com/data/harga-minyak/> diakses pada 24 Agustus 2016.
- [5] U.S. *Energy Information Administration*. <http://www.eia.gov/> diakses pada 24 Agustus 2016.
- [6] Kulkarni, S., dan Haidar I., (2009), **Forecasting Model for Crude Oil Price Using Artificial Neural Networks and Commodity Futures Prices**, Graduate School of Information Technology and Mathematical Sciences, University of Ballarat, Malaysia.
- [7] Gao, S., (2016), **A New Approach for Crude Oil Price Prediction Based on Stream Learning**,

School of Humanities and Economic Management,
China University of Geosciences Beijing, China.

- [8] Oud, M.A.A., (2014), **The Dynamics of Oil Prices and Valuation of Oil Derivatives**, School of Mathematics and Applied Statistics, University of Wollongong, Australia.
- [9] Bjork, T., (2001), **Stochastic Calculus, Lecture Notes for The Course Numerical Methods for Stochastic Differential Equations Given in Stockholm and Lund**, Sweden, <http://www.maths.lth.se/matstat/research/asn/SDE-bjork.pdf>.
- [10] Au, K.T., Raj, M., dan Thurston, D.C., (1997), **An Intuitive Explanation of Brownian motion as a Limit of a Random Walk**, Financial Education Association, <http://www.jstor.org/stable/41948251>.
- [11] Willmott, P., (2007), **Introduces Quantitative Finance**, 2nd Edition, John Wiley & Son, Ltd, Chichester.
- [12] <http://www.ncer.edu.au/papers/documents/SDE.pdf> diakses pada 22 Desember 2016.
- [13] Burden, R.L., dan Faires, J.D., (2010), **Numerical Analysis**, 9th Edition, Youngstown State University.
- [14] http://homepage.divms.uiowa.edu/atkinson/ftp/ENA_Materials/Overheads/sec_5-2.pdf diakses pada 16 Januari 2017.
- [15] Gitman L.J., dan Zutter C. J., (2012), **Principles of Managerial Finance**, 13th Edition, USA: The Prentice Hall.

- [16] Tsey, R.S., (2006), **Analysis of Financial Time Series**. Financial Econometrics, University of Chicago.
- [17] Siegel, S., (1956), **Nonparametric Statistics for The Behavioral Sciences**, Associate Professor of Statistics and Sosial Psychology The Pennsylvania State University, London.
- [18] Smith, W., (2010), **On The Simulation and Estimation of The Mean-Reverting Ornstein-Uhlenbeck Process**, Verson1.01.
- [19] Sahoo, P., (2013), **Probability and Mathematical Statistics**, Department of Mathematics, University of Louisville, Louisville, USA.
- [20] Lawrence, K.D., Klimberg, R.K., dan Lawrence S.M., (2009), **Fundamentals of Forecasting Using Excel**, Industrial Press Inc, America.
- [21] Walpole, R.E., (1995), **Pengantar Statistika**, Edisi ke-3, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [22] <http://quant.stackexchange.com/questions/4926/what-is-the-mean-and-the-standard-deviation-for-geometric-ornstein-uhlenbeck-pro> diakses pada 14 Januari 2017.
- [23] Insley, M., dan Rollins, K., (2005), **Onsolving The Multirotational Timber Harvesting Problem with Stochastic Prices:A Linier Complementarity Formulation**, Department of Economics, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

LAMPIRAN

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

LAMPIRAN A
Tabel Data Harga Komoditas Minyak Mentah

No	Tanggal	Harga	No	Tanggal	Harga
1	Jan 04, 2016	36,81	26	Feb 09, 2016	27,96
2	Jan 05, 2016	35,97	27	Feb 10, 2016	27,54
3	Jan 06, 2016	33,97	28	Feb 11, 2016	26,19
4	Jan 07, 2016	33,29	29	Feb 12, 2016	29,32
5	Jan 08, 2016	33,20	30	Feb 16, 2016	29,05
6	Jan 11, 2016	31,42	31	Feb 17, 2016	30,68
7	Jan 12, 2016	30,42	32	Feb 18, 2016	30,77
8	Jan 13, 2016	30,42	33	Feb 19, 2016	29,59
9	Jan 14, 2016	31,22	34	Feb 22, 2016	31,37
10	Jan 15, 2016	29,45	35	Feb 23, 2016	31,84
11	Jan 19, 2016	28,47	36	Feb 24, 2016	30,35
12	Jan 20, 2016	26,68	37	Feb 25, 2016	31,40
13	Jan 21, 2016	29,55	38	Feb 26, 2016	31,65
14	Jan 22, 2016	32,07	39	Feb 29, 2016	32,74
15	Jan 25, 2016	30,31	40	Mar 01, 2016	34,39
16	Jan 26, 2016	29,54	41	Mar 02, 2016	34,57
17	Jan 27, 2016	32,32	42	Mar 03, 2016	34,56
18	Jan 28, 2016	33,21	43	Mar 04, 2016	35,91
19	Jan 29, 2016	33,66	44	Mar 07, 2016	37,90
20	Feb 01, 2016	31,62	45	Mar 08, 2016	36,67
21	Feb 02, 2016	29,90	46	Mar 09, 2016	37,62
22	Feb 03, 2016	32,29	47	Mar 10, 2016	37,77
23	Feb 04, 2016	31,63	48	Mar 11, 2016	38,51
24	Feb 05, 2016	30,86	49	Mar 14, 2016	37,20
25	Feb 08, 2016	29,71	50	Mar 15, 2016	36,32

LAMPIRAN A (LANJUTAN)

No	Tanggal	Harga	No	Tanggal	Harga
51	Mar 16, 2016	38,43	76	Apr 21, 2016	43,18
52	Mar 17, 2016	40,17	77	Apr 22, 2016	42,76
53	Mar 18, 2016	39,47	78	Apr 25, 2016	41,67
54	Mar 21, 2016	39,91	79	Apr 26, 2016	42,52
55	Mar 22, 2016	41,45	80	Apr 27, 2016	45,29
56	Mar 23, 2016	38,28	81	Apr 28, 2016	46,03
57	Mar 24, 2016	38,14	82	Apr 29, 2016	45,98
58	Mar 28, 2016	37,99	83	Mei 02, 2016	44,75
59	Mar 29, 2016	36,91	84	Mei 03, 2016	43,65
60	Mar 30, 2016	36,91	85	Mei 04, 2016	43,77
61	Mar 31, 2016	36,94	86	Mei 05, 2016	44,33
62	Apr 01, 2016	35,36	87	Mei 06, 2016	44,58
63	Apr 04, 2016	34,30	88	Mei 09, 2016	43,45
64	Apr 05, 2016	34,52	89	Mei 10, 2016	44,68
65	Apr 06, 2016	37,74	90	Mei 11, 2016	46,21
66	Apr 07, 2016	37,30	91	Mei 12, 2016	46,64
67	Apr 08, 2016	39,74	92	Mei 13, 2016	46,22
68	Apr 11, 2016	40,46	93	Mei 16, 2016	47,72
69	Apr 12, 2016	42,12	94	Mei 17, 2016	48,29
70	Apr 13, 2016	41,70	95	Mei 18, 2016	48,12
71	Apr 14, 2016	41,45	96	Mei 19, 2016	48,16
72	Apr 15, 2016	40,40	97	Mei 20, 2016	47,67
73	Apr 18, 2016	39,74	98	Mei 23, 2016	48,12
74	Apr 19, 2016	40,88	99	Mei 24, 2016	48,04
75	Apr 20, 2016	42,72	100	Mei 25, 2016	49,10

LAMPIRAN A (LANJUTAN)

No	Tanggal	Harga	No	Tanggal	Harga
101	Mei 26, 2016	49,00	126	Jul 01, 2016	49,02
102	Mei 27, 2016	49,36	127	Jul 05, 2016	46,73
103	Mei 31, 2016	49,10	128	Jul 06, 2016	47,37
104	Jun 01, 2016	49,07	129	Jul 07, 2016	45,22
105	Jun 02, 2016	49,14	130	Jul 08, 2016	45,37
106	Jun 03, 2016	48,69	131	Jul 11, 2016	44,73
107	Jun 06, 2016	49,71	132	Jul 12, 2016	46,82
108	Jun 07, 2016	50,37	133	Jul 13, 2016	44,87
109	Jun 08, 2016	51,23	134	Jul 14, 2016	45,64
110	Jun 09, 2016	50,52	135	Jul 15, 2016	45,93
111	Jun 10, 2016	49,09	136	Jul 18, 2016	45,23
112	Jun 13, 2016	48,89	137	Jul 19, 2016	44,64
113	Jun 14, 2016	48,49	128	Jul 20, 2016	44,96
114	Jun 15, 2016	47,92	129	Jul 21, 2016	43,96
115	Jun 16, 2016	46,14	140	Jul 22, 2016	43,41
116	Jun 17, 2016	48,00	141	Jul 25, 2016	42,40
117	Jun 20, 2016	49,40	142	Jul 26, 2016	42,16
118	Jun 21, 2016	48,95	143	Jul 27, 2016	41,90
119	Jun 22, 2016	49,16	144	Jul 28, 2016	41,13
120	Jun 23, 2016	49,34	145	Jul 29, 2016	41,54
121	Jun 24, 2016	46,70	146	Agu 01, 2016	40,05
122	Jun 27, 2016	45,80	147	Agu 02, 2016	39,50
123	Jun 28, 2016	47,93	148	Agu 03, 2016	40,80
124	Jun 29, 2016	49,85	149	Agu 04, 2016	41,92
125	Jun 30, 2016	48,27	150	Agu 05, 2016	41,83

LAMPIRAN A (LANJUTAN)

No	Tanggal	Harga	No	Tanggal	Harga
151	Agu 08, 2016	43,06	176	Sep 13, 2016	44,91
152	Agu 09, 2016	42,78	177	Sep 14, 2016	43,62
153	Agu 10, 2016	41,75	178	Sep 15, 2016	43,85
154	Agu 11, 2016	43,51	179	Sep 16, 2016	43,04
155	Agu 12, 2016	44,47	180	Sep 19, 2016	43,34
156	Agu 15, 2016	45,72	181	Sep 20, 2016	43,85
157	Agu 16, 2016	46,57	182	Sep 21, 2016	45,33
158	Agu 17, 2016	46,81	183	Sep 22, 2016	46,10
159	Agu 18, 2016	48,20	184	Sep 23, 2016	44,36
160	Agu 19, 2016	48,48	185	Sep 26, 2016	45,60
161	Agu 22, 2016	46,80	186	Sep 27, 2016	44,65
162	Agu 23, 2016	47,54	187	Sep 28, 2016	47,07
163	Agu 24, 2016	46,29	188	Sep 29, 2016	47,72
164	Agu 25, 2016	46,97	189	Sep 30, 2016	47,72
165	Agu 26, 2016	47,64	190	Okt 03, 2016	48,80
166	Agu 29, 2016	46,97	191	Okt 04, 2016	48,67
167	Agu 30, 2016	46,32	192	Okt 05, 2016	49,75
168	Agu 31, 2016	44,68	193	Okt 06, 2016	50,44
169	Sep 01, 2016	43,17	194	Okt 07, 2016	49,76
170	Sep 02, 2016	44,39	195	Okt 10, 2016	49,76
171	Sep 06, 2016	44,85	196	Okt 11, 2016	50,72
172	Sep 07, 2016	45,47	197	Okt 12, 2016	50,14
173	Sep 08, 2016	47,63	198	Okt 13, 2016	50,47
174	Sep 09, 2016	45,88	199	Okt 14, 2016	50,35
175	Sep 12, 2016	46,28	200	Okt 17, 2016	49,97

LAMPIRAN A (LANJUTAN)

No	Tanggal	Harga	No	Tanggal	Harga
201	Okt 18, 2016	50,30	227	Nov 23, 2016	46,72
202	Okt 19, 2016	51,59	228	Nov 25, 2016	46,72
203	Okt 20, 2016	50,31	229	Nov 28, 2016	45,66
204	Okt 21, 2016	50,61	230	Nov 29, 2016	45,29
205	Okt 24, 2016	50,18	231	Nov 30, 2016	49,41
206	Okt 25, 2016	49,45	232	Des 01, 2016	51,08
207	Okt 26, 2016	48,75	233	Des 02, 2016	51,70
208	Okt 27, 2016	49,71	234	Des 05, 2016	51,72
209	Okt 28, 2016	48,72	235	Des 06, 2016	50,95
210	Okt 31, 2016	46,83	236	Des 07, 2016	49,85
211	Nov 01, 2016	46,66	237	Des 08, 2016	50,84
212	Nov 02, 2016	45,32	238	Des 09, 2016	51,51
213	Nov 03, 2016	44,66	239	Des 12, 2016	52,74
214	Nov 04, 2016	44,07	240	Des 13, 2016	52,99
215	Nov 07, 2016	44,88	241	Des 14, 2016	51,01
216	Nov 08, 2016	44,96	242	Des 15, 2016	50,90
217	Nov 09, 2016	45,20	243	Des 16, 2016	51,93
218	Nov 10, 2016	44,62	244	Des 19, 2016	52,13
219	Nov 11, 2016	43,39	245	Des 20, 2016	52,22
220	Nov 14, 2016	43,29	246	Des 21, 2016	51,44
221	Nov 15, 2016	45,86	247	Des 22, 2016	51,98
222	Nov 16, 2016	45,56	248	Des 23, 2016	52,01
223	Nov 17, 2016	45,37	249	Des 27, 2016	52,82
224	Nov 18, 2016	45,69	250	Des 28, 2016	54,01
225	Nov 21, 2016	47,48	251	Des 29, 2016	53,80
226	Nov 22, 2016	48,07	252	Des 30, 2016	53,75

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

LAMPIRAN B
Tabel *Return* Harga Komoditas Minyak Mentah

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
1	Jan 04, 2016	-0,02308	26	Feb 09, 2016	-0,01514
2	Jan 05, 2016	-0,05721	27	Feb 10, 2016	-0,05026
3	Jan 06, 2016	-0,02022	28	Feb 11, 2016	0,11289
4	Jan 07, 2016	-0,00271	29	Feb 12, 2016	-0,00925
5	Jan 08, 2016	-0,05511	30	Feb 16, 2016	0,05459
6	Jan 11, 2016	-0,03234	31	Feb 17, 2016	0,00293
7	Jan 12, 2016	0,00000	32	Feb 18, 2016	-0,03910
8	Jan 13, 2016	0,02596	33	Feb 19, 2016	0,05842
9	Jan 14, 2016	-0,05837	34	Feb 22, 2016	0,01487
10	Jan 15, 2016	-0,03384	35	Feb 23, 2016	-0,04793
11	Jan 19, 2016	-0,06494	36	Feb 24, 2016	0,03401
12	Jan 20, 2016	0,10217	37	Feb 25, 2016	0,00793
13	Jan 21, 2016	0,08184	38	Feb 26, 2016	0,03386
14	Jan 22, 2016	-0,05644	39	Feb 29, 2016	0,04917
15	Jan 25, 2016	-0,02573	40	Mar 01, 2016	0,00522
16	Jan 26, 2016	0,08994	41	Mar 02, 2016	-0,00029
17	Jan 27, 2016	0,02716	42	Mar 03, 2016	0,03832
18	Jan 28, 2016	0,01346	43	Mar 04, 2016	0,05394
19	Jan 29, 2016	-0,06252	44	Mar 07, 2016	-0,03299
20	Feb 01, 2016	-0,05593	45	Mar 08, 2016	0,02558
21	Feb 02, 2016	0,07690	46	Mar 09, 2016	0,00398
22	Feb 03, 2016	-0,02065	47	Mar 10, 2016	0,01940
23	Feb 04, 2016	-0,02465	48	Mar 11, 2016	-0,03461
24	Feb 05, 2016	-0,03798	49	Mar 14, 2016	-0,02394
25	Feb 08, 2016	-0,06071	50	Mar 15, 2016	0,05647

LAMPIRAN B (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
51	Mar 16, 2016	0,04428	76	Apr 21, 2016	-0,00977
52	Mar 17, 2016	-0,01758	77	Apr 22, 2016	-0,02582
53	Mar 18, 2016	0,01109	78	Apr 25, 2016	0,02019
54	Mar 21, 2016	0,03786	79	Apr 26, 2016	0,06311
55	Mar 22, 2016	-0,07956	80	Apr 27, 2016	0,01621
56	Mar 23, 2016	-0,00366	81	Apr 28, 2016	-0,00109
57	Mar 24, 2016	-0,00394	82	Apr 29, 2016	-0,02712
58	Mar 28, 2016	-0,02884	83	Mei 02, 2016	-0,02489
59	Mar 29, 2016	0,00000	84	Mei 03, 2016	0,00275
60	Mar 30, 2016	0,00081	85	Mei 04, 2016	0,01271
61	Mar 31, 2016	-0,04371	86	Mei 05, 2016	0,00562
62	Apr 01, 2016	-0,03044	87	Mei 06, 2016	-0,02567
63	Apr 04, 2016	0,00639	88	Mei 09, 2016	0,02792
64	Apr 05, 2016	0,08918	89	Mei 10, 2016	0,03367
65	Apr 06, 2016	-0,01173	90	Mei 11, 2016	0,00926
66	Apr 07, 2016	0,06336	91	Mei 12, 2016	-0,00905
67	Apr 08, 2016	0,01796	92	Mei 13, 2016	0,03194
68	Apr 11, 2016	0,04021	93	Mei 16, 2016	0,01187
69	Apr 12, 2016	-0,01002	94	Mei 17, 2016	-0,00353
70	Apr 13, 2016	-0,00601	95	Mei 18, 2016	0,00083
71	Apr 14, 2016	-0,02566	96	Mei 19, 2016	-0,01023
72	Apr 15, 2016	-0,01647	97	Mei 20, 2016	0,00940
73	Apr 18, 2016	0,02828	98	Mei 23, 2016	-0,00166
74	Apr 19, 2016	0,04403	99	Mei 24, 2016	0,02183
75	Apr 20, 2016	0,01071	100	Mei 25, 2016	-0,00204

LAMPIRAN B (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
101	Mei 26, 2016	0,00732	126	Jul 01, 2016	-0,04784
102	Mei 27, 2016	-0,00528	127	Jul 05, 2016	0,01360
103	Mei 31, 2016	-0,00061	128	Jul 06, 2016	-0,04645
104	Jun 01, 2016	0,00143	129	Jul 07, 2016	0,00331
105	Jun 02, 2016	-0,00920	130	Jul 08, 2016	-0,01421
106	Jun 03, 2016	0,02073	131	Jul 11, 2016	0,04567
107	Jun 06, 2016	0,01319	132	Jul 12, 2016	-0,04254
108	Jun 07, 2016	0,01693	133	Jul 13, 2016	0,01702
109	Jun 08, 2016	-0,01396	134	Jul 14, 2016	0,00633
110	Jun 09, 2016	-0,02871	135	Jul 15, 2016	-0,01536
111	Jun 10, 2016	-0,00408	136	Jul 18, 2016	-0,01313
112	Jun 13, 2016	-0,00822	137	Jul 19, 2016	0,00714
113	Jun 14, 2016	-0,01182	138	Jul 20, 2016	-0,02249
114	Jun 15, 2016	-0,03785	139	Jul 21, 2016	-0,01259
115	Jun 16, 2016	0,03952	140	Jul 22, 2016	-0,02354
116	Jun 17, 2016	0,02875	141	Jul 25, 2016	-0,00568
117	Jun 20, 2016	-0,00915	142	Jul 26, 2016	-0,00619
118	Jun 21, 2016	0,00428	143	Jul 27, 2016	-0,01855
119	Jun 22, 2016	0,00365	144	Jul 28, 2016	0,00992
120	Jun 23, 2016	-0,05499	145	Jul 29, 2016	-0,03653
121	Jun 24, 2016	-0,01946	146	Agu 01, 2016	-0,01383
122	Jun 27, 2016	0,04546	147	Agu 02, 2016	0,03238
123	Jun 28, 2016	0,03928	148	Agu 03, 2016	0,02708
124	Jun 29, 2016	-0,03221	149	Agu 04, 2016	-0,00215
125	Jun 30, 2016	0,01542	150	Agu 05, 2016	0,02898

LAMPIRAN B (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
151	Agu 08, 2016	-0,00652	176	Sep 13, 2016	-0,02914
152	Agu 09, 2016	-0,02437	177	Sep 14, 2016	0,00526
153	Agu 10, 2016	0,04129	178	Sep 15, 2016	-0,01864
154	Agu 11, 2016	0,02182	179	Sep 16, 2016	0,00695
155	Agu 12, 2016	0,02772	180	Sep 19, 2016	0,01170
156	Agu 15, 2016	0,01842	181	Sep 20, 2016	0,03319
157	Agu 16, 2016	0,00514	182	Sep 21, 2016	0,01684
158	Agu 17, 2016	0,02926	183	Sep 22, 2016	-0,03847
159	Agu 18, 2016	0,00579	184	Sep 23, 2016	0,02757
160	Agu 19, 2016	-0,03527	185	Sep 26, 2016	-0,02105
161	Agu 22, 2016	0,01569	186	Sep 27, 2016	0,05278
162	Agu 23, 2016	-0,02665	187	Sep 28, 2016	0,01371
163	Agu 24, 2016	0,01458	188	Sep 29, 2016	0,00000
164	Agu 25, 2016	0,01416	189	Sep 30, 2016	0,02238
165	Agu 26, 2016	-0,01416	190	Okt 03, 2016	-0,00267
166	Agu 29, 2016	-0,01394	191	Okt 04, 2016	0,02195
167	Agu 30, 2016	-0,03605	192	Okt 05, 2016	0,01377
168	Agu 31, 2016	-0,03438	193	Okt 06, 2016	-0,01357
169	Sep 01, 2016	0,02787	194	Okt 07, 2016	0,00000
170	Sep 02, 2016	0,01031	195	Okt 10, 2016	0,01911
171	Sep 06, 2016	0,01373	196	Okt 11, 2016	-0,01150
172	Sep 07, 2016	0,04641	197	Okt 12, 2016	0,00656
173	Sep 08, 2016	-0,03743	198	Okt 13, 2016	-0,00238
174	Sep 09, 2016	0,00868	199	Okt 14, 2016	-0,00758
175	Sep 12, 2016	-0,03005	200	Okt 17, 2016	0,00658

LAMPIRAN B (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
201	Okt 18, 2016	0,02532	216	Nov 08, 2016	0,00532
202	Okt 19, 2016	-0,02512	217	Nov 09, 2016	-0,01291
203	Okt 20, 2016	0,00595	218	Nov 10, 2016	-0,02795
204	Okt 21, 2016	-0,00853	219	Nov 11, 2016	-0,00231
205	Okt 24, 2016	-0,01465	220	Nov 14, 2016	0,05767
206	Okt 25, 2016	-0,01426	221	Nov 15, 2016	-0,00656
207	Okt 26, 2016	0,01950	222	Nov 16, 2016	-0,00418
208	Okt 27, 2016	-0,02012	223	Nov 17, 2016	0,00703
209	Okt 28, 2016	-0,03957	224	Nov 18, 2016	0,03843
210	Okt 31, 2016	-0,00364	225	Nov 21, 2016	0,01235
211	Nov 01, 2016	-0,02914	226	Nov 22, 2016	-0,02849
212	Nov 02, 2016	-0,01467	227	Nov 23, 2016	0,00000
213	Nov 03, 2016	-0,01330	228	Nov 25, 2016	-0,02295
214	Nov 04, 2016	0,01821	229	Nov 28, 2016	-0,00814
215	Nov 07, 2016	0,00178	230	Nov 29, 2016	0,08707

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

LAMPIRAN C
Tabel Nilai Kritis Uji *Kolmogorov-Smirnov*

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,290
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,161
105	0,104	0,119	0,132	0,148	0,159
110	0,102	0,116	0,129	0,145	0,155
115	0,100	0,114	0,126	0,142	0,152
120	0,098	0,111	0,123	0,139	0,149
125	0,096	0,109	0,121	0,136	0,146

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
130	0,094	0,107	0,118	0,133	0,143
135	0,092	0,105	0,116	0,131	0,140
140	0,090	0,103	0,114	0,128	0,138
145	0,089	0,101	0,112	0,126	0,135
150	0,087	0,100	0,110	0,124	0,133
155	0,086	0,098	0,108	0,122	0,131
160	0,085	0,096	0,107	0,120	0,129
165	0,083	0,095	0,105	0,118	0,127
170	0,082	0,094	0,104	0,117	0,125
175	0,081	0,092	0,102	0,115	0,123
180	0,080	0,091	0,101	0,113	0,121
185	0,079	0,090	0,099	0,112	0,120
190	0,078	0,089	0,098	0,110	0,118
195	0,077	0,087	0,097	0,109	0,117
200	0,076	0,086	0,095	0,107	0,115
205	0,075	0,085	0,094	0,106	0,114
210	0,074	0,084	0,093	0,105	0,112
215	0,073	0,083	0,092	0,104	0,111
220	0,072	0,082	0,091	0,102	0,110
225	0,071	0,081	0,090	0,101	0,109
230	0,071	0,080	0,089	0,100	0,107
Pendekatan					
n	$1,07/\sqrt{n}$	$1,22/\sqrt{n}$	$1,35/\sqrt{n}$	$1,52/\sqrt{n}$	$1,63/\sqrt{n}$

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

LAMPIRAN D
Uji Normalitas *Return* Harga Komoditas Minyak
Mentah

No	<i>Return</i> dari kecil-besar	$F_0(X)$	$S_N(X)$	$ F_0(X) - S_N(X) $
1	-0,07956	0,00532	0,00435	0,00097
2	-0,06494	0,01820	0,00870	0,00950
3	-0,06252	0,02189	0,01304	0,00885
4	-0,06071	0,02506	0,01739	0,00767
5	-0,05837	0,02973	0,02174	0,00799
6	-0,05721	0,03228	0,02609	0,00620
7	-0,05644	0,03407	0,03043	0,00363
8	-0,05593	0,03531	0,03478	0,00053
9	-0,05511	0,03739	0,03913	0,00174
10	-0,05499	0,03769	0,04348	0,00579
11	-0,05026	0,05168	0,04783	0,00386
12	-0,04793	0,05998	0,05217	0,00780
13	-0,04784	0,06030	0,05652	0,00378
14	-0,04645	0,06574	0,06087	0,00487
15	-0,04371	0,07754	0,06522	0,01232
16	-0,04254	0,08306	0,06957	0,01350
17	-0,03957	0,09840	0,07391	0,02448
18	-0,03910	0,10095	0,07826	0,02269
19	-0,03847	0,10451	0,08261	0,02190
20	-0,03798	0,10739	0,08696	0,02043
21	-0,03785	0,10812	0,09130	0,01681
22	-0,03743	0,11060	0,09565	0,01494
23	-0,03653	0,11609	0,10000	0,01609
24	-0,03605	0,11908	0,10435	0,01474
25	-0,03527	0,12406	0,10870	0,01536

LAMPIRAN D (LANJUTAN)

No	<i>Return</i> dari kecil-besar	$F_0(X)$	$S_N(X)$	$ F_0(X) - S_N(X) $
26	-0,03461	0,12837	0,11304	0,01533
27	-0,03438	0,12990	0,11739	0,01251
28	-0,03384	0,13352	0,12174	0,01178
29	-0,03299	0,13940	0,12609	0,01331
30	-0,03234	0,14399	0,13043	0,01356
31	-0,03221	0,14497	0,13478	0,01019
32	-0,03044	0,15811	0,13913	0,01898
33	-0,03005	0,16108	0,14348	0,01760
34	-0,02914	0,16817	0,14783	0,02034
35	-0,02914	0,16821	0,15217	0,01604
36	-0,02884	0,17059	0,15652	0,01407
37	-0,02871	0,17161	0,16087	0,01074
38	-0,02849	0,17345	0,16522	0,00823
39	-0,02795	0,17780	0,16957	0,00823
40	-0,02712	0,18478	0,17391	0,01087
41	-0,02665	0,18876	0,17826	0,01050
42	-0,02582	0,19588	0,18261	0,01327
43	-0,02573	0,19666	0,18696	0,00971
44	-0,02567	0,19717	0,19130	0,00587
45	-0,02566	0,19731	0,19565	0,00166
46	-0,02512	0,20203	0,20000	0,00203
47	-0,02489	0,20414	0,20435	0,00021
48	-0,02465	0,20632	0,20870	0,00237
49	-0,02437	0,20880	0,21304	0,00424
50	-0,02394	0,21273	0,21739	0,00466
51	-0,02354	0,21641	0,22174	0,00533
52	-0,02308	0,22067	0,22609	0,00541

LAMPIRAN D (LANJUTAN)

No	<i>Return</i> dari kecil-besar	$F_0(X)$	$S_N(X)$	$ F_0(X) - S_N(X) $
53	-0,02295	0,22194	0,23043	0,00850
54	-0,02249	0,22625	0,23478	0,00853
55	-0,02105	0,24017	0,23913	0,00104
56	-0,02065	0,24414	0,24348	0,00066
57	-0,02022	0,24843	0,24783	0,00061
58	-0,02012	0,24948	0,25217	0,00270
59	-0,01946	0,25611	0,25652	0,00042
60	-0,01864	0,26447	0,26087	0,00360
61	-0,01855	0,26547	0,26522	0,00025
62	-0,01758	0,27560	0,26957	0,00603
63	-0,01647	0,28741	0,27391	0,01350
64	-0,01536	0,29953	0,27826	0,02126
65	-0,01514	0,30197	0,28261	0,01936
66	-0,01467	0,30712	0,28696	0,02016
67	-0,01465	0,30729	0,29130	0,01599
68	-0,01426	0,31172	0,29565	0,01607
69	-0,01421	0,31228	0,30000	0,01228
70	-0,01416	0,31277	0,30435	0,00842
71	-0,01396	0,31509	0,30870	0,00640
72	-0,01394	0,31533	0,31304	0,00228
73	-0,01383	0,31653	0,31739	0,00086
74	-0,01357	0,31941	0,32174	0,00233
75	-0,01330	0,32251	0,32609	0,00358
76	-0,01313	0,32442	0,33043	0,00601
77	-0,01291	0,32687	0,33478	0,00791
78	-0,01259	0,33058	0,33913	0,00855
79	-0,01182	0,33940	0,34348	0,00408

LAMPIRAN D (LANJUTAN)

No	<i>Return</i> dari kecil-besar	$F_0(X)$	$S_N(X)$	$ F_0(X) - S_N(X) $
80	-0,01173	0,34052	0,34783	0,00730
81	-0,01150	0,34315	0,35217	0,00903
82	-0,01023	0,35807	0,35652	0,00155
83	-0,01002	0,36050	0,36087	0,00037
84	-0,00977	0,36342	0,36522	0,00179
85	-0,00925	0,36964	0,36957	0,00008
86	-0,00920	0,37026	0,37391	0,00365
87	-0,00915	0,37084	0,37826	0,00742
88	-0,00905	0,37210	0,38261	0,01051
89	-0,00853	0,37825	0,38696	0,00871
90	-0,00822	0,38207	0,39130	0,00924
91	-0,00814	0,38302	0,39565	0,01263
92	-0,00758	0,38980	0,40000	0,01020
93	-0,00656	0,40213	0,40435	0,00222
94	-0,00652	0,40261	0,40870	0,00609
95	-0,00619	0,40674	0,41304	0,00630
96	-0,00601	0,40886	0,41739	0,00853
97	-0,00568	0,41300	0,42174	0,00874
98	-0,00528	0,41787	0,42609	0,00821
99	-0,00418	0,43152	0,43043	0,00108
100	-0,00408	0,43272	0,43478	0,00206
101	-0,00394	0,43448	0,43913	0,00465
102	-0,00366	0,43793	0,44348	0,00555
103	-0,00364	0,43826	0,44783	0,00956
104	-0,00353	0,43964	0,45217	0,01254
105	-0,00271	0,44987	0,45652	0,00665

LAMPIRAN D (LANJUTAN)

No	<i>Return</i> dari kecil-besar	$F_0(X)$	$S_N(X)$	$ F_0(X) - S_N(X) $
106	-0,00267	0,45036	0,46087	0,01051
107	-0,00238	0,45396	0,46522	0,01126
108	-0,00231	0,45487	0,46957	0,01469
109	-0,00215	0,45685	0,47391	0,01706
110	-0,00204	0,45824	0,47826	0,02002
111	-0,00166	0,46294	0,48261	0,01967
112	-0,00109	0,47019	0,48696	0,01677
113	-0,00061	0,47617	0,49130	0,01513
114	-0,00029	0,48023	0,49565	0,01543
119	0,00000	0,48387	0,51739	0,03352
120	0,00081	0,49411	0,52174	0,02763
121	0,00083	0,49434	0,52609	0,03175
122	0,00143	0,50184	0,53043	0,02860
123	0,00178	0,50632	0,53478	0,02847
124	0,00275	0,51847	0,53913	0,02066
125	0,00293	0,52078	0,54348	0,02270
126	0,00331	0,52560	0,54783	0,02223
127	0,00365	0,52991	0,55217	0,02226
128	0,00398	0,53399	0,55652	0,02253
129	0,00428	0,53778	0,56087	0,02309
130	0,00514	0,54855	0,56522	0,01667
131	0,00522	0,54955	0,56957	0,02002
132	0,00526	0,55003	0,57391	0,02388
133	0,00532	0,55084	0,57826	0,02742
134	0,00562	0,55459	0,58261	0,02802
135	0,00579	0,55669	0,58696	0,03026
136	0,00595	0,55860	0,59130	0,03270

LAMPIRAN D (LANJUTAN)

No	<i>Return</i> dari kecil-besar	$F_0(X)$	$S_N(X)$	$ F_0(X) - S_N(X) $
137	0,00633	0,56345	0,59565	0,03221
138	0,00639	0,56419	0,60000	0,03581
139	0,00656	0,56626	0,60435	0,03809
140	0,00658	0,56653	0,60870	0,04216
141	0,00695	0,57105	0,61304	0,04199
142	0,00703	0,57207	0,61739	0,04532
143	0,00714	0,57349	0,62174	0,04825
144	0,00732	0,57569	0,62609	0,05040
145	0,00793	0,58323	0,63043	0,04721
146	0,00868	0,59246	0,63478	0,04233
147	0,00926	0,59958	0,63913	0,03956
148	0,00940	0,60120	0,64348	0,04228
149	0,00992	0,60757	0,64783	0,04025
150	0,01031	0,61231	0,65217	0,03987
151	0,01071	0,61715	0,65652	0,03937
152	0,01109	0,62167	0,66087	0,03920
153	0,01170	0,62901	0,66522	0,03620
154	0,01187	0,63110	0,66957	0,03846
155	0,01235	0,63676	0,67391	0,03715
156	0,01271	0,64106	0,67826	0,03720
157	0,01319	0,64667	0,68261	0,03594
158	0,01346	0,64983	0,68696	0,03712
159	0,01360	0,65151	0,69130	0,03979
160	0,01371	0,65282	0,69565	0,04283
161	0,01373	0,65299	0,70000	0,04701
162	0,01377	0,65351	0,70435	0,05084
163	0,01416	0,65804	0,70870	0,05065

LAMPIRAN D (LANJUTAN)

No	<i>Return</i> dari kecil-besar	$F_0(X)$	$S_N(X)$	$ F_0(X) - S_N(X) $
164	0,01458	0,66290	0,71304	0,05014
165	0,01487	0,66622	0,71739	0,05117
166	0,01542	0,67248	0,72174	0,04926
167	0,01569	0,67556	0,72609	0,05053
168	0,01621	0,68143	0,73043	0,04900
169	0,01684	0,68858	0,73478	0,04620
170	0,01693	0,68954	0,73913	0,04959
171	0,01702	0,69049	0,74348	0,05299
172	0,01796	0,70089	0,74783	0,04694
173	0,01821	0,70371	0,75217	0,04847
174	0,01842	0,70597	0,75652	0,05055
175	0,01911	0,71342	0,76087	0,04745
176	0,01940	0,71657	0,76522	0,04864
177	0,01950	0,71762	0,76957	0,05194
178	0,02019	0,72497	0,77391	0,04894
179	0,02073	0,73063	0,77826	0,04763
180	0,02182	0,74190	0,78261	0,04071
181	0,02183	0,74191	0,78696	0,04505
182	0,02195	0,74316	0,79130	0,04815
183	0,02238	0,74754	0,79565	0,04811
184	0,02532	0,77630	0,80000	0,02370
185	0,02558	0,77870	0,80435	0,02565
186	0,02596	0,78226	0,80870	0,02643
187	0,02708	0,79256	0,81304	0,02049
188	0,02716	0,79331	0,81739	0,02408
189	0,02757	0,79695	0,82174	0,02479
190	0,02772	0,79830	0,82609	0,02779

LAMPIRAN D (LANJUTAN)

No	<i>Return</i> dari kecil-besar	$F_0(X)$	$S_N(X)$	$ F_0(X) - S_N(X) $
191	0,02787	0,79961	0,83043	0,03083
192	0,02792	0,80002	0,83478	0,03476
193	0,02828	0,80325	0,83913	0,03588
194	0,02875	0,80732	0,84348	0,03616
195	0,02898	0,80931	0,84783	0,03851
196	0,02926	0,81172	0,85217	0,04045
197	0,03194	0,83368	0,85652	0,02284
198	0,03238	0,83715	0,86087	0,02372
199	0,03319	0,84340	0,86522	0,02182
200	0,03367	0,84698	0,86957	0,02259
201	0,03386	0,84838	0,87391	0,02553
202	0,03401	0,84951	0,87826	0,02875
203	0,03786	0,87616	0,88261	0,00645
204	0,03832	0,87909	0,88696	0,00787
205	0,03843	0,87979	0,89130	0,01151
206	0,03928	0,88507	0,89565	0,01058
207	0,03952	0,88656	0,90000	0,01344
208	0,04021	0,89068	0,90435	0,01366
209	0,04129	0,89695	0,90870	0,01174
210	0,04403	0,91162	0,91304	0,00142
211	0,04428	0,91291	0,91739	0,00448
212	0,04546	0,91865	0,92174	0,00309
213	0,04567	0,91964	0,92609	0,00645
214	0,04641	0,92309	0,93043	0,00735
215	0,04917	0,93490	0,93478	0,00012
216	0,05278	0,94818	0,93913	0,00905
217	0,05394	0,95194	0,94348	0,00846

LAMPIRAN D (LANJUTAN)

No	<i>Return</i> dari kecil-besar	$F_0(X)$	$S_N(X)$	$ F_0(X) - S_N(X) $
218	0,05459	0,95398	0,94783	0,00615
219	0,05647	0,95942	0,95217	0,00725
220	0,05767	0,96263	0,95652	0,00610
221	0,05842	0,96450	0,96087	0,00363
222	0,06311	0,97464	0,96522	0,00943
223	0,06336	0,97511	0,96957	0,00555
224	0,07690	0,99157	0,97391	0,01765
225	0,08184	0,99455	0,97826	0,01629
226	0,08707	0,99665	0,98261	0,01404
227	0,08918	0,99726	0,98696	0,01031
228	0,08994	0,99746	0,99130	0,00615
229	0,10217	0,99928	0,99565	0,00363
230	0,11289	0,99979	1,00000	0,00021
Maximum				0,053

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

LAMPIRAN E

Estimasi Parameter

Estimasi Parameter *Rate of Reversion*

t	$t - 1$	Tanggal	P_{t-1}	$P_{(t-1)}^2$	P_t^2	$P_t P_{(t-1)}$
1	0	Jan 04, 2016	36,81	1354,98		
2	1	Jan 05, 2016	35,97	1293,84	1293,84	1324,06
3	2	Jan 06, 2016	33,97	1153,96	1153,96	1221,90
4	3	Jan 07, 2016	33,29	1108,22	1108,22	1130,86
5	4	Jan 08, 2016	33,20	1102,24	1102,24	1105,23
6	5	Jan 11, 2016	31,42	987,22	987,22	1043,14
7	6	Jan 12, 2016	30,42	925,38	925,38	955,80
8	7	Jan 13, 2016	30,42	925,38	925,38	925,38
9	8	Jan 14, 2016	31,22	974,69	974,69	949,71
10	9	Jan 15, 2016	29,45	867,30	867,30	919,43
11	10	Jan 19, 2016	28,47	810,54	810,54	838,44
12	11	Jan 20, 2016	26,68	711,82	711,82	759,58
13	12	Jan 21, 2016	29,55	873,20	873,20	788,39
14	13	Jan 22, 2016	32,07	1028,48	1028,48	947,67
15	14	Jan 25, 2016	30,31	918,70	918,70	972,04
16	15	Jan 26, 2016	29,54	872,61	872,61	895,36
17	16	Jan 27, 2016	32,32	1044,58	1044,58	954,73
18	17	Jan 28, 2016	33,21	1102,90	1102,90	1073,35
19	18	Jan 29, 2016	33,66	1133,00	1133,00	1117,85
20	19	Feb 01, 2016	31,62	999,82	999,82	1064,33
21	20	Feb 02, 2016	29,90	894,01	894,01	945,44
22	21	Feb 03, 2016	32,29	1042,64	1042,64	965,47
23	22	Feb 04, 2016	31,63	1000,46	1000,46	1021,33

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

t	$t - 1$	Tanggal	P_{t-1}	$P_{(t-1)}^2$	P_t^2	$P_t P_{(t-1)}$
24	23	Feb 05, 2016	30,86	952,34	952,34	976,10
25	24	Feb 08, 2016	29,71	882,68	882,68	916,85
26	25	Feb 09, 2016	27,96	781,76	781,76	830,69
27	26	Feb 10, 2016	27,54	758,45	758,45	770,02
28	27	Feb 11, 2016	26,19	685,92	685,92	721,27
29	28	Feb 12, 2016	29,32	859,66	859,66	767,89
30	29	Feb 16, 2016	29,05	843,90	843,90	851,75
31	30	Feb 17, 2016	30,68	941,26	941,26	891,25
32	31	Feb 18, 2016	30,77	946,79	946,79	944,02
33	32	Feb 19, 2016	29,59	875,57	875,57	910,48
34	33	Feb 22, 2016	31,37	984,08	984,08	928,24
35	34	Feb 23, 2016	31,84	1013,79	1013,79	998,82
36	35	Feb 24, 2016	30,35	921,12	921,12	966,34
37	36	Feb 25, 2016	31,40	985,96	985,96	952,99
38	37	Feb 26, 2016	31,65	1001,72	1001,72	993,81
39	38	Feb 29, 2016	32,74	1071,91	1071,91	1036,22
40	39	Mar 01, 2016	34,39	1182,67	1182,67	1125,93
41	40	Mar 02, 2016	34,57	1195,08	1195,08	1188,86
42	41	Mar 03, 2016	34,56	1194,39	1194,39	1194,74
43	42	Mar 04, 2016	35,91	1289,53	1289,53	1241,05
44	43	Mar 07, 2016	37,90	1436,41	1436,41	1360,99
45	44	Mar 08, 2016	36,67	1344,69	1344,69	1389,79
46	45	Mar 09, 2016	37,62	1415,26	1415,26	1379,53
47	46	Mar 10, 2016	37,77	1426,57	1426,57	1420,91
48	47	Mar 11, 2016	38,51	1483,02	1483,02	1454,52
49	48	Mar 14, 2016	37,20	1383,84	1383,84	1432,57
50	49	Mar 15, 2016	36,32	1319,14	1319,14	1351,10

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

t	$t - 1$	Tanggal	P_{t-1}	$P_{(t-1)}^2$	P_t^2	$P_t P_{(t-1)}$
51	50	Mar 16, 2016	38,43	1476,86	1476,86	1395,78
52	51	Mar 17, 2016	40,17	1613,63	1613,63	1543,73
53	52	Mar 18, 2016	39,47	1557,88	1557,88	1585,51
54	53	Mar 21, 2016	39,91	1592,81	1592,81	1575,25
55	54	Mar 22, 2016	41,45	1718,10	1718,10	1654,27
56	55	Mar 23, 2016	38,28	1465,36	1465,36	1586,71
57	56	Mar 24, 2016	38,14	1454,66	1454,66	1460,00
58	57	Mar 28, 2016	37,99	1443,24	1443,24	1448,94
59	58	Mar 29, 2016	36,91	1362,35	1362,35	1402,21
60	59	Mar 30, 2016	36,91	1362,35	1362,35	1362,35
61	60	Mar 31, 2016	36,94	1364,56	1364,56	1363,46
62	61	Apr 01, 2016	35,36	1250,33	1250,33	1306,20
63	62	Apr 04, 2016	34,30	1176,49	1176,49	1212,85
64	63	Apr 05, 2016	34,52	1191,63	1191,63	1184,04
65	64	Apr 06, 2016	37,74	1424,31	1424,31	1302,78
66	65	Apr 07, 2016	37,30	1391,29	1391,29	1407,70
67	66	Apr 08, 2016	39,74	1579,27	1579,27	1482,30
68	67	Apr 11, 2016	40,46	1637,01	1637,01	1607,88
69	68	Apr 12, 2016	42,12	1774,09	1774,09	1704,18
70	69	Apr 13, 2016	41,7	1738,89	1738,89	1756,40
71	70	Apr 14, 2016	41,45	1718,10	1718,10	1728,47
72	71	Apr 15, 2016	40,4	1632,16	1632,16	1674,58
73	72	Apr 18, 2016	39,74	1579,27	1579,27	1605,50
74	73	Apr 19, 2016	40,88	1671,17	1671,17	1624,57
75	74	Apr 20, 2016	42,72	1825,00	1825,00	1746,39
76	75	Apr 21, 2016	43,18	1864,51	1864,51	1844,65

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

t	$t - 1$	Tanggal	P_{t-1}	$P_{(t-1)}^2$	P_t^2	$P_t P_{(t-1)}$
77	76	Apr 22, 2016	42,76	1828,42	1828,42	1846,38
78	77	Apr 25, 2016	41,67	1736,39	1736,39	1781,81
79	78	Apr 26, 2016	42,52	1807,95	1807,95	1771,81
80	79	Apr 27, 2016	45,29	2051,18	2051,18	1925,73
81	80	Apr 28, 2016	46,03	2118,76	2118,76	2084,70
82	81	Apr 29, 2016	45,98	2114,16	2114,16	2116,46
83	82	Mei 02, 2016	44,75	2002,56	2002,56	2057,61
84	83	Mei 03, 2016	43,65	1905,32	1905,32	1953,34
85	84	Mei 04, 2016	43,77	1915,81	1915,81	1910,56
86	85	Mei 05, 2016	44,33	1965,15	1965,15	1940,32
87	86	Mei 06, 2016	44,58	1987,38	1987,38	1976,23
88	87	Mei 09, 2016	43,45	1887,90	1887,90	1937,00
89	88	Mei 10, 2016	44,68	1996,30	1996,30	1941,35
90	89	Mei 11, 2016	46,21	2135,36	2135,36	2064,66
91	90	Mei 12, 2016	46,64	2175,29	2175,29	2155,23
92	91	Mei 13, 2016	46,22	2136,29	2136,29	2155,70
93	92	Mei 16, 2016	47,72	2277,20	2277,20	2205,62
94	93	Mei 17, 2016	48,29	2331,92	2331,92	2304,40
95	94	Mei 18, 2016	48,12	2315,53	2315,53	2323,71
96	95	Mei 19, 2016	48,16	2319,39	2319,39	2317,46
97	96	Mei 20, 2016	47,67	2272,43	2272,43	2295,79
98	97	Mei 23, 2016	48,12	2315,53	2315,53	2293,88
99	98	Mei 24, 2016	48,04	2307,84	2307,84	2311,68
100	99	Mei 25, 2016	49,10	2410,81	2410,81	2358,76
101	100	Mei 26, 2016	49,00	2401,00	2401,00	2405,90
102	101	Mei 27, 2016	49,36	2436,41	2436,41	2418,64
103	102	Mei 31, 2016	49,10	2410,81	2410,81	2423,58

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

t	$t - 1$	Tanggal	P_{t-1}	$P_{(t-1)}^2$	P_t^2	$P_t P_{(t-1)}$
104	103	Jun 01, 2016	49,07	2407,86	2407,86	2409,34
105	104	Jun 02, 2016	49,14	2414,74	2414,74	2411,30
106	105	Jun 03, 2016	48,69	2370,72	2370,72	2392,63
107	106	Jun 06, 2016	49,71	2471,08	2471,08	2420,38
108	107	Jun 07, 2016	50,37	2537,14	2537,14	2503,89
109	108	Jun 08, 2016	51,23	2624,51	2624,51	2580,46
110	109	Jun 09, 2016	50,52	2552,27	2552,27	2588,14
111	110	Jun 10, 2016	49,09	2409,83	2409,83	2480,03
112	111	Jun 13, 2016	48,89	2390,23	2390,23	2400,01
113	112	Jun 14, 2016	48,49	2351,28	2351,28	2370,68
114	113	Jun 15, 2016	47,92	2296,33	2296,33	2323,64
115	114	Jun 16, 2016	46,14	2128,90	2128,90	2211,03
116	115	Jun 17, 2016	48,00	2304,00	2304,00	2214,72
117	116	Jun 20, 2016	49,40	2440,36	2440,36	2371,20
118	117	Jun 21, 2016	48,95	2396,10	2396,10	2418,13
119	118	Jun 22, 2016	49,16	2416,71	2416,71	2406,38
120	119	Jun 23, 2016	49,34	2434,44	2434,44	2425,55
121	120	Jun 24, 2016	46,70	2180,89	2180,89	2304,18
122	121	Jun 27, 2016	45,80	2097,64	2097,64	2138,86
123	122	Jun 28, 2016	47,93	2297,28	2297,28	2195,19
124	123	Jun 29, 2016	49,85	2485,02	2485,02	2389,31
125	124	Jun 30, 2016	48,27	2329,99	2329,99	2406,26
126	125	Jul 01, 2016	49,02	2402,96	2402,96	2366,20
127	126	Jul 05, 2016	46,73	2183,69	2183,69	2290,70
128	127	Jul 06, 2016	47,37	2243,92	2243,92	2213,60
129	128	Jul 07, 2016	45,22	2044,85	2044,85	2142,07
130	129	Jul 08, 2016	45,37	2058,44	2058,44	2051,63

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

t	$t - 1$	Tanggal	P_{t-1}	$P_{(t-1)}^2$	P_t^2	$P_t P_{(t-1)}$
131	130	Jul 11, 2016	44,73	2000,77	2000,77	2029,40
132	131	Jul 12, 2016	46,82	2192,11	2192,11	2094,26
133	132	Jul 13, 2016	44,87	2013,32	2013,32	2100,81
134	133	Jul 14, 2016	45,64	2083,01	2083,01	2047,87
135	134	Jul 15, 2016	45,93	2109,56	2109,56	2096,25
136	135	Jul 18, 2016	45,23	2045,75	2045,75	2077,41
137	136	Jul 19, 2016	44,64	1992,73	1992,73	2019,07
138	137	Jul 20, 2016	44,96	2021,40	2021,40	2007,01
139	138	Jul 21, 2016	43,96	1932,48	1932,48	1976,44
140	139	Jul 22, 2016	43,41	1884,43	1884,43	1908,30
141	140	Jul 25, 2016	42,40	1797,76	1797,76	1840,58
142	141	Jul 26, 2016	42,16	1777,47	1777,47	1787,58
143	142	Jul 27, 2016	41,90	1755,61	1755,61	1766,50
144	143	Jul 28, 2016	41,13	1691,68	1691,68	1723,35
145	144	Jul 29, 2016	41,54	1725,57	1725,57	1708,54
146	145	Agu 01, 2016	40,05	1604,00	1604,00	1663,68
147	146	Agu 02, 2016	39,50	1560,25	1560,25	1581,98
148	147	Agu 03, 2016	40,80	1664,64	1664,64	1611,60
149	148	Agu 04, 2016	41,92	1757,29	1757,29	1710,34
150	149	Agu 05, 2016	41,83	1749,75	1749,75	1753,51
151	150	Agu 08, 2016	43,06	1854,16	1854,16	1801,20
152	151	Agu 09, 2016	42,78	1830,13	1830,13	1842,11
153	152	Agu 10, 2016	41,75	1743,06	1743,06	1786,07
154	153	Agu 11, 2016	43,51	1893,12	1893,12	1816,54
155	154	Agu 12, 2016	44,47	1977,58	1977,58	1934,89
156	155	Agu 15, 2016	45,72	2090,32	2090,32	2033,17
157	156	Agu 16, 2016	46,57	2168,76	2168,76	2129,18

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

t	$t - 1$	Tanggal	P_{t-1}	$P_{(t-1)}^2$	P_t^2	$P_t P_{(t-1)}$
158	157	Agu 17, 2016	46,81	2191,18	2191,18	2179,94
159	158	Agu 18, 2016	48,20	2323,24	2323,24	2256,24
160	159	Agu 19, 2016	48,48	2350,31	2350,31	2336,74
161	160	Agu 22, 2016	46,80	2190,24	2190,24	2268,86
162	161	Agu 23, 2016	47,54	2260,05	2260,05	2224,87
163	162	Agu 24, 2016	46,29	2142,76	2142,76	2200,63
164	163	Agu 25, 2016	46,97	2206,18	2206,18	2174,24
165	164	Agu 26, 2016	47,64	2269,57	2269,57	2237,65
166	165	Agu 29, 2016	46,97	2206,18	2206,18	2237,65
167	166	Agu 30, 2016	46,32	2145,54	2145,54	2175,65
168	167	Agu 31, 2016	44,68	1996,30	1996,30	2069,58
169	168	Sep 01, 2016	43,17	1863,65	1863,65	1928,84
170	169	Sep 02, 2016	44,39	1970,47	1970,47	1916,32
171	170	Sep 06, 2016	44,85	2011,52	2011,52	1990,89
172	171	Sep 07, 2016	45,47	2067,52	2067,52	2039,33
173	172	Sep 08, 2016	47,63	2268,62	2268,62	2165,74
174	173	Sep 09, 2016	45,88	2104,97	2104,97	2185,26
175	174	Sep 12, 2016	46,28	2141,84	2141,84	2123,33
176	175	Sep 13, 2016	44,91	2016,91	2016,91	2078,43
177	176	Sep 14, 2016	43,62	1902,70	1902,70	1958,97
178	177	Sep 15, 2016	43,85	1922,82	1922,82	1912,74
179	178	Sep 16, 2016	43,04	1852,44	1852,44	1887,30
180	179	Sep 19, 2016	43,34	1878,36	1878,36	1865,35
181	180	Sep 20, 2016	43,85	1922,82	1922,82	1900,46
182	181	Sep 21, 2016	45,33	2054,81	2054,81	1987,72
183	182	Sep 22, 2016	46,10	2125,21	2125,21	2089,71
184	183	Sep 23, 2016	44,36	1967,81	1967,81	2045,00

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

t	$t - 1$	Tanggal	P_{t-1}	$P_{(t-1)}^2$	P_t^2	$P_t P_{(t-1)}$
185	184	Sep 26, 2016	45,60	2079,36	2079,36	2022,82
186	185	Sep 27, 2016	44,65	1993,62	1993,62	2036,04
187	186	Sep 28, 2016	47,07	2215,58	2215,58	2101,68
188	187	Sep 29, 2016	47,72	2277,20	2277,20	2246,18
189	188	Sep 30, 2016	47,72	2277,20	2277,20	2277,20
190	189	Okt 03, 2016	48,80	2381,44	2381,44	2328,74
191	190	Okt 04, 2016	48,67	2368,77	2368,77	2375,10
192	191	Okt 05, 2016	49,75	2475,06	2475,06	2421,33
193	192	Okt 06, 2016	50,44	2544,19	2544,19	2509,39
194	193	Okt 07, 2016	49,76	2476,06	2476,06	2509,89
195	194	Okt 10, 2016	49,76	2476,06	2476,06	2476,06
196	195	Okt 11, 2016	50,72	2572,52	2572,52	2523,83
197	196	Okt 12, 2016	50,14	2514,02	2514,02	2543,10
198	197	Okt 13, 2016	50,47	2547,22	2547,22	2530,57
199	198	Okt 14, 2016	50,35	2535,12	2535,12	2541,16
200	199	Okt 17, 2016	49,97	2497,00	2497,00	2515,99
201	200	Okt 18, 2016	50,30	2530,09	2530,09	2513,49
202	201	Okt 19, 2016	51,59	2661,53	2661,53	2594,98
203	202	Okt 20, 2016	50,31	2531,10	2531,10	2595,49
204	203	Okt 21, 2016	50,61	2561,37	2561,37	2546,19
205	204	Okt 24, 2016	50,18	2518,03	2518,03	2539,61
206	205	Okt 25, 2016	49,45	2445,30	2445,30	2481,40
207	206	Okt 26, 2016	48,75	2376,56	2376,56	2410,69
208	207	Okt 27, 2016	49,71	2471,08	2471,08	2423,36
209	208	Okt 28, 2016	48,72	2373,64	2373,64	2421,87
210	209	Okt 31, 2016	46,83	2193,05	2193,05	2281,56
211	210	Nov 01, 2016	46,66	2177,16	2177,16	2185,09

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

t	$t - 1$	Tanggal	P_{t-1}	$P_{(t-1)}^2$	P_t^2	$P_t P_{(t-1)}$
212	211	Nov 02, 2016	45,32	2053,90	2053,90	2114,63
213	212	Nov 03, 2016	44,66	1994,52	1994,52	2023,99
214	213	Nov 04, 2016	44,07	1942,16	1942,16	1968,17
215	214	Nov 07, 2016	44,88	2014,21	2014,21	1977,86
216	215	Nov 08, 2016	44,96	2021,40	2021,40	2017,80
217	216	Nov 09, 2016	45,20	2043,04	2043,04	2032,19
218	217	Nov 10, 2016	44,62	1990,94	1990,94	2016,82
219	218	Nov 11, 2016	43,39	1882,69	1882,69	1936,06
220	219	Nov 14, 2016	43,29	1874,02	1874,02	1878,35
221	220	Nov 15, 2016	45,86	2103,14	2103,14	1985,28
222	221	Nov 16, 2016	45,56	2075,71	2075,71	2089,38
223	222	Nov 17, 2016	45,37	2058,44	2058,44	2067,06
224	223	Nov 18, 2016	45,69	2087,58	2087,58	2072,96
225	224	Nov 21, 2016	47,48	2254,35	2254,35	2169,36
226	225	Nov 22, 2016	48,07	2310,72	2310,72	2282,36
227	226	Nov 23, 2016	46,72	2182,76	2182,76	2245,83
228	227	Nov 25, 2016	46,72	2182,76	2182,76	2182,76
229	228	Nov 28, 2016	45,66	2084,84	2084,84	2133,24
230	229	Nov 29, 2016	45,29	2051,18	2051,18	2067,94
231	230	Nov 30, 2016	49,41		2441,35	2237,78

Nilai t dimulai dari 1 sampai 230, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}\sum_{t=1}^{230} P_{(t-1)} &= 9769,21 \\ \sum_{t=1}^{230} P_t &= 9781,81 \\ \sum_{t=1}^{230} P_{(t-1)}^2 &= 424551,60 \\ \sum_{t=1}^{230} P_{(t-1)} P_t &= 424924,44 \\ \sum_{t=1}^{230} P_t^2 &= 425637,98\end{aligned}$$

Mencari nilai parameter η , dimana:

$$\eta = -\frac{\ln(\hat{\phi})}{\delta t},$$

dengan:

$$\begin{aligned}\hat{\phi} &= \frac{(231 \times \sum_{t=1}^{230} P_{t-1} P_t) - (\sum_{t=1}^{230} P_{t-1} \times \sum_{t=1}^{230} P_t)}{(231 \times \sum_{t=1}^{230} P_{t-1}^2) - (\sum_{t=1}^{230} P_{t-1})^2} \\ &= \frac{(231 \times 425637,98) - (9769,21 \times 9781,81)}{(231 \times 424551,60) - (9769,21)^2} \\ &= 0,98597.\end{aligned}$$

Nilai parameter η adalah:

$$\begin{aligned}\eta &= -\frac{\ln(\hat{\phi})}{\delta t} \\ &= -\frac{\ln(0,98597)}{1} \\ &= 0,01413.\end{aligned}$$

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

Estimasi Parameter *Drift*

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
1	Jan 04, 2016	-0,02308	26	Feb 09, 2016	-0,01514
2	Jan 05, 2016	-0,05721	27	Feb 10, 2016	-0,05026
3	Jan 06, 2016	-0,02022	28	Feb 11, 2016	0,11289
4	Jan 07, 2016	-0,00271	29	Feb 12, 2016	-0,00925
5	Jan 08, 2016	-0,05511	30	Feb 16, 2016	0,05459
6	Jan 11, 2016	-0,03234	31	Feb 17, 2016	0,00293
7	Jan 12, 2016	0,00000	32	Feb 18, 2016	-0,03910
8	Jan 13, 2016	0,02596	33	Feb 19, 2016	0,05842
9	Jan 14, 2016	-0,05837	34	Feb 22, 2016	0,01487
10	Jan 15, 2016	-0,03384	35	Feb 23, 2016	-0,04793
11	Jan 19, 2016	-0,06494	36	Feb 24, 2016	0,03401
12	Jan 20, 2016	0,10217	37	Feb 25, 2016	0,00793
13	Jan 21, 2016	0,08184	38	Feb 26, 2016	0,03386
14	Jan 22, 2016	-0,05644	39	Feb 29, 2016	0,04917
15	Jan 25, 2016	-0,02573	40	Mar 01, 2016	0,00522
16	Jan 26, 2016	0,08994	41	Mar 02, 2016	-0,00029
17	Jan 27, 2016	0,02716	42	Mar 03, 2016	0,03832
18	Jan 28, 2016	0,01346	43	Mar 04, 2016	0,05394
19	Jan 29, 2016	-0,06252	44	Mar 07, 2016	-0,03299
20	Feb 01, 2016	-0,05593	45	Mar 08, 2016	0,02558
21	Feb 02, 2016	0,07690	46	Mar 09, 2016	0,00398
22	Feb 03, 2016	-0,02065	47	Mar 10, 2016	0,01940
23	Feb 04, 2016	-0,02465	48	Mar 11, 2016	-0,03461
24	Feb 05, 2016	-0,03798	49	Mar 14, 2016	-0,02394
25	Feb 08, 2016	-0,06071	50	Mar 15, 2016	0,05647

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
51	Mar 16, 2016	0,04428	76	Apr 21, 2016	-0,00977
52	Mar 17, 2016	-0,01758	77	Apr 22, 2016	-0,02582
53	Mar 18, 2016	0,01109	78	Apr 25, 2016	0,02019
54	Mar 21, 2016	0,03786	79	Apr 26, 2016	0,06311
55	Mar 22, 2016	-0,07956	80	Apr 27, 2016	0,01621
56	Mar 23, 2016	-0,00366	81	Apr 28, 2016	-0,00109
57	Mar 24, 2016	-0,00394	82	Apr 29, 2016	-0,02712
58	Mar 28, 2016	-0,02884	83	Mei 02, 2016	-0,02489
59	Mar 29, 2016	0,00000	84	Mei 03, 2016	0,00275
60	Mar 30, 2016	0,00081	85	Mei 04, 2016	0,01271
61	Mar 31, 2016	-0,04371	86	Mei 05, 2016	0,00562
62	Apr 01, 2016	-0,03044	87	Mei 06, 2016	-0,02567
63	Apr 04, 2016	0,00639	88	Mei 09, 2016	0,02792
64	Apr 05, 2016	0,08918	89	Mei 10, 2016	0,03367
65	Apr 06, 2016	-0,01173	90	Mei 11, 2016	0,00926
66	Apr 07, 2016	0,06336	91	Mei 12, 2016	-0,00905
67	Apr 08, 2016	0,01796	92	Mei 13, 2016	0,03194
68	Apr 11, 2016	0,04021	93	Mei 16, 2016	0,01187
69	Apr 12, 2016	-0,01002	94	Mei 17, 2016	-0,00353
70	Apr 13, 2016	-0,00601	95	Mei 18, 2016	0,00083
71	Apr 14, 2016	-0,02566	96	Mei 19, 2016	-0,01023
72	Apr 15, 2016	-0,01647	97	Mei 20, 2016	0,00940
73	Apr 18, 2016	0,02828	98	Mei 23, 2016	-0,00166
74	Apr 19, 2016	0,04403	99	Mei 24, 2016	0,02183
75	Apr 20, 2016	0,01071	100	Mei 25, 2016	-0,00204

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
101	Mei 26, 2016	0,00732	126	Jul 01, 2016	-0,04784
102	Mei 27, 2016	-0,00528	127	Jul 05, 2016	0,01360
103	Mei 31, 2016	-0,00061	128	Jul 06, 2016	-0,04645
104	Jun 01, 2016	0,00143	129	Jul 07, 2016	0,00331
105	Jun 02, 2016	-0,00920	130	Jul 08, 2016	-0,01421
106	Jun 03, 2016	0,02073	131	Jul 11, 2016	0,04567
107	Jun 06, 2016	0,01319	132	Jul 12, 2016	-0,04254
108	Jun 07, 2016	0,01693	133	Jul 13, 2016	0,01702
109	Jun 08, 2016	-0,01396	134	Jul 14, 2016	0,00633
110	Jun 09, 2016	-0,02871	135	Jul 15, 2016	-0,01536
111	Jun 10, 2016	-0,00408	136	Jul 18, 2016	-0,01313
112	Jun 13, 2016	-0,00822	137	Jul 19, 2016	0,00714
113	Jun 14, 2016	-0,01182	138	Jul 20, 2016	-0,02249
114	Jun 15, 2016	-0,03785	139	Jul 21, 2016	-0,01259
115	Jun 16, 2016	0,03952	140	Jul 22, 2016	-0,02354
116	Jun 17, 2016	0,02875	141	Jul 25, 2016	-0,00568
117	Jun 20, 2016	-0,00915	142	Jul 26, 2016	-0,00619
118	Jun 21, 2016	0,00428	143	Jul 27, 2016	-0,01855
119	Jun 22, 2016	0,00365	144	Jul 28, 2016	0,00992
120	Jun 23, 2016	-0,05499	145	Jul 29, 2016	-0,03653
121	Jun 24, 2016	-0,01946	146	Agu 01, 2016	-0,01383
122	Jun 27, 2016	0,04546	147	Agu 02, 2016	0,03238
123	Jun 28, 2016	0,03928	148	Agu 03, 2016	0,02708
124	Jun 29, 2016	-0,03221	149	Agu 04, 2016	-0,00215
125	Jun 30, 2016	0,01542	150	Agu 05, 2016	0,02898

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
151	Agu 08, 2016	-0,00652	176	Sep 13, 2016	-0,02914
152	Agu 09, 2016	-0,02437	177	Sep 14, 2016	0,00526
153	Agu 10, 2016	0,04129	178	Sep 15, 2016	-0,01864
154	Agu 11, 2016	0,02182	179	Sep 16, 2016	0,00695
155	Agu 12, 2016	0,02772	180	Sep 19, 2016	0,01170
156	Agu 15, 2016	0,01842	181	Sep 20, 2016	0,03319
157	Agu 16, 2016	0,00514	182	Sep 21, 2016	0,01684
158	Agu 17, 2016	0,02926	183	Sep 22, 2016	-0,03847
159	Agu 18, 2016	0,00579	184	Sep 23, 2016	0,02757
160	Agu 19, 2016	-0,03527	185	Sep 26, 2016	-0,02105
161	Agu 22, 2016	0,01569	186	Sep 27, 2016	0,05278
162	Agu 23, 2016	-0,02665	187	Sep 28, 2016	0,01371
163	Agu 24, 2016	0,01458	188	Sep 29, 2016	0,00000
164	Agu 25, 2016	0,01416	189	Sep 30, 2016	0,02238
165	Agu 26, 2016	-0,01416	190	Okt 03, 2016	-0,00267
166	Agu 29, 2016	-0,01394	191	Okt 04, 2016	0,02195
167	Agu 30, 2016	-0,03605	192	Okt 05, 2016	0,01377
168	Agu 31, 2016	-0,03438	193	Okt 06, 2016	-0,01357
169	Sep 01, 2016	0,02787	194	Okt 07, 2016	0,00000
170	Sep 02, 2016	0,01031	195	Okt 10, 2016	0,01911
171	Sep 06, 2016	0,01373	196	Okt 11, 2016	-0,01150
172	Sep 07, 2016	0,04641	197	Okt 12, 2016	0,00656
173	Sep 08, 2016	-0,03743	198	Okt 13, 2016	-0,00238
174	Sep 09, 2016	0,00868	199	Okt 14, 2016	-0,00758
175	Sep 12, 2016	-0,03005	200	Okt 17, 2016	0,00658

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	No	Tanggal	<i>Return</i>
201	Okt 18, 2016	0,02532	216	Nov 08, 2016	0,00532
202	Okt 19, 2016	-0,02512	217	Nov 09, 2016	-0,01291
203	Okt 20, 2016	0,00595	218	Nov 10, 2016	-0,02795
204	Okt 21, 2016	-0,00853	219	Nov 11, 2016	-0,00231
205	Okt 24, 2016	-0,01465	220	Nov 14, 2016	0,05767
206	Okt 25, 2016	-0,01426	221	Nov 15, 2016	-0,00656
207	Okt 26, 2016	0,01950	222	Nov 16, 2016	-0,00418
208	Okt 27, 2016	-0,02012	223	Nov 17, 2016	0,00703
209	Okt 28, 2016	-0,03957	224	Nov 18, 2016	0,03843
210	Okt 31, 2016	-0,00364	225	Nov 21, 2016	0,01235
211	Nov 01, 2016	-0,02914	226	Nov 22, 2016	-0,02849
212	Nov 02, 2016	-0,01467	227	Nov 23, 2016	0,00000
213	Nov 03, 2016	-0,01330	228	Nov 25, 2016	-0,02295
214	Nov 04, 2016	0,01821	229	Nov 28, 2016	-0,00814
215	Nov 07, 2016	0,00178	230	Nov 29, 2016	0,08707

Jumlahan dari nilai *Return* diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \sum_{t=1}^{230} R_t &= R_1 + R_2 + \dots + R_{230} \\
 &= 0,29438.
 \end{aligned}$$

Nilai parameter *drift* adalah:

$$\begin{aligned}
 \mu &= \frac{1}{230} \times 0,29438 \\
 &= 0,00128.
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

Estimasi Parameter Volatilitas

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
1	Jan 04, 2016	-0,02308	-0,02436	0,00059
2	Jan 05, 2016	-0,05721	-0,05849	0,00342
3	Jan 06, 2016	-0,02022	-0,02150	0,00046
4	Jan 07, 2016	-0,00271	-0,00399	0,00002
5	Jan 08, 2016	-0,05511	-0,05639	0,00318
6	Jan 11, 2016	-0,03234	-0,03362	0,00113
7	Jan 12, 2016	0,00000	-0,00128	0,00000
8	Jan 13, 2016	0,02596	0,02468	0,00061
9	Jan 14, 2016	-0,05837	-0,05964	0,00356
10	Jan 15, 2016	-0,03384	-0,03512	0,00123
11	Jan 19, 2016	-0,06494	-0,06622	0,00438
12	Jan 20, 2016	0,10217	0,10089	0,01018
13	Jan 21, 2016	0,08184	0,08056	0,00649
14	Jan 22, 2016	-0,05644	-0,05772	0,00333
15	Jan 25, 2016	-0,02573	-0,02701	0,00073
16	Jan 26, 2016	0,08994	0,08866	0,00786
17	Jan 27, 2016	0,02716	0,02588	0,00067
18	Jan 28, 2016	0,01346	0,01218	0,00015
19	Jan 29, 2016	-0,06252	-0,06380	0,00407
20	Feb 01, 2016	-0,05593	-0,05721	0,00327
21	Feb 02, 2016	0,07690	0,07562	0,00572
22	Feb 03, 2016	-0,02065	-0,02193	0,00048
23	Feb 04, 2016	-0,02465	-0,02593	0,00067
24	Feb 05, 2016	-0,03798	-0,03926	0,00154
25	Feb 08, 2016	-0,06071	-0,06199	0,00384

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
26	Feb 09, 2016	-0,01514	-0,01642	0,00027
27	Feb 10, 2016	-0,05026	-0,05154	0,00266
28	Feb 11, 2016	0,11289	0,11161	0,01246
29	Feb 12, 2016	-0,00925	-0,01053	0,00011
30	Feb 16, 2016	0,05459	0,05331	0,00284
31	Feb 17, 2016	0,00293	0,00165	0,00000
32	Feb 18, 2016	-0,03910	-0,04038	0,00163
33	Feb 19, 2016	0,05842	0,05714	0,00326
34	Feb 22, 2016	0,01487	0,01359	0,00018
35	Feb 23, 2016	-0,04793	-0,04921	0,00242
36	Feb 24, 2016	0,03401	0,03273	0,00107
37	Feb 25, 2016	0,00793	0,00665	0,00004
38	Feb 26, 2016	0,03386	0,03258	0,00106
39	Feb 29, 2016	0,04917	0,04789	0,00229
40	Mar 01, 2016	0,00522	0,00394	0,00002
41	Mar 02, 2016	-0,00029	-0,00157	0,00000
42	Mar 03, 2016	0,03832	0,03704	0,00137
43	Mar 04, 2016	0,05394	0,05266	0,00277
44	Mar 07, 2016	-0,03299	-0,03427	0,00117
45	Mar 08, 2016	0,02558	0,02430	0,00059
46	Mar 09, 2016	0,00398	0,00270	0,00001
47	Mar 10, 2016	0,01940	0,01812	0,00033
48	Mar 11, 2016	-0,03461	-0,03589	0,00129
49	Mar 14, 2016	-0,02394	-0,02522	0,00064
50	Mar 15, 2016	0,05647	0,05519	0,00305
51	Mar 16, 2016	0,04428	0,04300	0,00185
52	Mar 17, 2016	-0,01758	-0,01886	0,00036

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
53	Mar 18, 2016	0,01109	0,00981	0,00010
54	Mar 21, 2016	0,03786	0,03658	0,00134
55	Mar 22, 2016	-0,07956	-0,08084	0,00654
56	Mar 23, 2016	-0,00366	-0,00494	0,00002
57	Mar 24, 2016	-0,00394	-0,00522	0,00003
58	Mar 28, 2016	-0,02884	-0,03012	0,00091
59	Mar 29, 2016	0,00000	-0,00128	0,00000
60	Mar 30, 2016	0,00081	-0,00047	0,00000
61	Mar 31, 2016	-0,04371	-0,04499	0,00202
62	Apr 01, 2016	-0,03044	-0,03172	0,00101
63	Apr 04, 2016	0,00639	0,00511	0,00003
64	Apr 05, 2016	0,08918	0,08790	0,00773
65	Apr 06, 2016	-0,01173	-0,01301	0,00017
66	Apr 07, 2016	0,06336	0,06208	0,00385
67	Apr 08, 2016	0,01796	0,01668	0,00028
68	Apr 11, 2016	0,04021	0,03893	0,00152
69	Apr 12, 2016	-0,01002	-0,01130	0,00013
70	Apr 13, 2016	-0,00601	-0,00729	0,00005
71	Apr 14, 2016	-0,02566	-0,02694	0,00073
72	Apr 15, 2016	-0,01647	-0,01775	0,00032
73	Apr 18, 2016	0,02828	0,02700	0,00073
74	Apr 19, 2016	0,04403	0,04275	0,00183
75	Apr 20, 2016	0,01071	0,00943	0,00009
76	Apr 21, 2016	-0,00977	-0,01105	0,00012
77	Apr 22, 2016	-0,02582	-0,02710	0,00073
78	Apr 25, 2016	0,02019	0,01891	0,00036
79	Apr 26, 2016	0,06311	0,06183	0,00382

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
80	Apr 27, 2016	0,01621	0,01493	0,00022
81	Apr 28, 2016	-0,00109	-0,00237	0,00001
82	Apr 29, 2016	-0,02712	-0,02840	0,00081
83	Mei 02, 2016	-0,02489	-0,02617	0,00068
84	Mei 03, 2016	0,00275	0,00147	0,00000
85	Mei 04, 2016	0,01271	0,01143	0,00013
86	Mei 05, 2016	0,00562	0,00434	0,00002
87	Mei 06, 2016	-0,02567	-0,02695	0,00073
88	Mei 09, 2016	0,02792	0,02664	0,00071
89	Mei 10, 2016	0,03367	0,03239	0,00105
90	Mei 11, 2016	0,00926	0,00798	0,00006
91	Mei 12, 2016	-0,00905	-0,01033	0,00011
92	Mei 13, 2016	0,03194	0,03066	0,00094
93	Mei 16, 2016	0,01187	0,01059	0,00011
94	Mei 17, 2016	-0,00353	-0,00481	0,00002
95	Mei 18, 2016	0,00083	-0,00045	0,00000
96	Mei 19, 2016	-0,01023	-0,01151	0,00013
97	Mei 20, 2016	0,00940	0,00812	0,00007
98	Mei 23, 2016	-0,00166	-0,00294	0,00001
99	Mei 24, 2016	0,02183	0,02055	0,00042
100	Mei 25, 2016	-0,00204	-0,00332	0,00001
101	Mei 26, 2016	0,00732	0,00604	0,00004
102	Mei 27, 2016	-0,00528	-0,00656	0,00004
103	Mei 31, 2016	-0,00061	-0,00189	0,00000
104	Jun 01, 2016	0,00143	0,00015	0,00000
105	Jun 02, 2016	-0,00920	-0,01048	0,00011
106	Jun 03, 2016	0,02073	0,01945	0,00038

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
107	Jun 06, 2016	0,01319	0,01191	0,00014
108	Jun 07, 2016	0,01693	0,01565	0,00024
109	Jun 08, 2016	-0,01396	-0,01524	0,00023
110	Jun 09, 2016	-0,02871	-0,02999	0,00090
111	Jun 10, 2016	-0,00408	-0,00536	0,00003
112	Jun 13, 2016	-0,00822	-0,00950	0,00009
113	Jun 14, 2016	-0,01182	-0,01310	0,00017
114	Jun 15, 2016	-0,03785	-0,03913	0,00153
115	Jun 16, 2016	0,03952	0,03824	0,00146
116	Jun 17, 2016	0,02875	0,02747	0,00075
117	Jun 20, 2016	-0,00915	-0,01043	0,00011
118	Jun 21, 2016	0,00428	0,00300	0,00001
119	Jun 22, 2016	0,00365	0,00237	0,00001
120	Jun 23, 2016	-0,05499	-0,05627	0,00317
121	Jun 24, 2016	-0,01946	-0,02074	0,00043
122	Jun 27, 2016	0,04546	0,04418	0,00195
123	Jun 28, 2016	0,03928	0,03800	0,00144
124	Jun 29, 2016	-0,03221	-0,03349	0,00112
125	Jun 30, 2016	0,01542	0,01414	0,00020
126	Jul 01, 2016	-0,04784	-0,04912	0,00241
127	Jul 05, 2016	0,01360	0,01232	0,00015
128	Jul 06, 2016	-0,04645	-0,04773	0,00228
129	Jul 07, 2016	0,00331	0,00203	0,00000
130	Jul 08, 2016	-0,01421	-0,01549	0,00024
131	Jul 11, 2016	0,04567	0,04439	0,00197
132	Jul 12, 2016	-0,04254	-0,04382	0,00192
133	Jul 13, 2016	0,01702	0,01574	0,00025

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
107	Jun 06, 2016	0,01319	0,01191	0,00014
108	Jun 07, 2016	0,01693	0,01565	0,00024
109	Jun 08, 2016	-0,01396	-0,01524	0,00023
110	Jun 09, 2016	-0,02871	-0,02999	0,00090
111	Jun 10, 2016	-0,00408	-0,00536	0,00003
112	Jun 13, 2016	-0,00822	-0,00950	0,00009
113	Jun 14, 2016	-0,01182	-0,01310	0,00017
114	Jun 15, 2016	-0,03785	-0,03913	0,00153
115	Jun 16, 2016	0,03952	0,03824	0,00146
116	Jun 17, 2016	0,02875	0,02747	0,00075
117	Jun 20, 2016	-0,00915	-0,01043	0,00011
118	Jun 21, 2016	0,00428	0,00300	0,00001
119	Jun 22, 2016	0,00365	0,00237	0,00001
120	Jun 23, 2016	-0,05499	-0,05627	0,00317
121	Jun 24, 2016	-0,01946	-0,02074	0,00043
122	Jun 27, 2016	0,04546	0,04418	0,00195
123	Jun 28, 2016	0,03928	0,03800	0,00144
124	Jun 29, 2016	-0,03221	-0,03349	0,00112
125	Jun 30, 2016	0,01542	0,01414	0,00020
126	Jul 01, 2016	-0,04784	-0,04912	0,00241
127	Jul 05, 2016	0,01360	0,01232	0,00015
128	Jul 06, 2016	-0,04645	-0,04773	0,00228
129	Jul 07, 2016	0,00331	0,00203	0,00000
130	Jul 08, 2016	-0,01421	-0,01549	0,00024
131	Jul 11, 2016	0,04567	0,04439	0,00197
132	Jul 12, 2016	-0,04254	-0,04382	0,00192
133	Jul 13, 2016	0,01702	0,01574	0,00025

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
134	Jul 14, 2016	0,00633	0,00505	0,00003
135	Jul 15, 2016	-0,01536	-0,01664	0,00028
136	Jul 18, 2016	-0,01313	-0,01441	0,00021
137	Jul 19, 2016	0,00714	0,00586	0,00003
138	Jul 20, 2016	-0,02249	-0,02377	0,00057
139	Jul 21, 2016	-0,01259	-0,01387	0,00019
140	Jul 22, 2016	-0,02354	-0,02482	0,00062
141	Jul 25, 2016	-0,00568	-0,00696	0,00005
142	Jul 26, 2016	-0,00619	-0,00747	0,00006
143	Jul 27, 2016	-0,01855	-0,01983	0,00039
144	Jul 28, 2016	0,00992	0,00864	0,00007
145	Jul 29, 2016	-0,03653	-0,03781	0,00143
146	Agu 01, 2016	-0,01383	-0,01511	0,00023
147	Agu 02, 2016	0,03238	0,03110	0,00097
148	Agu 03, 2016	0,02708	0,02580	0,00067
149	Agu 04, 2016	-0,00215	-0,00343	0,00001
150	Agu 05, 2016	0,02898	0,02770	0,00077
151	Agu 08, 2016	-0,00652	-0,00780	0,00006
152	Agu 09, 2016	-0,02437	-0,02565	0,00066
153	Agu 10, 2016	0,04129	0,04001	0,00160
154	Agu 11, 2016	0,02182	0,02054	0,00042
155	Agu 12, 2016	0,02772	0,02644	0,00070
156	Agu 15, 2016	0,01842	0,01714	0,00029
157	Agu 16, 2016	0,00514	0,00386	0,00001
158	Agu 17, 2016	0,02926	0,02798	0,00078
159	Agu 18, 2016	0,00579	0,00451	0,00002
160	Agu 19, 2016	-0,03527	-0,03655	0,00134

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
161	Agu 22, 2016	0,01569	0,01441	0,00021
162	Agu 23, 2016	-0,02665	-0,02793	0,00078
163	Agu 24, 2016	0,01458	0,01330	0,00018
164	Agu 25, 2016	0,01416	0,01288	0,00017
165	Agu 26, 2016	-0,01416	-0,01544	0,00024
166	Agu 29, 2016	-0,01394	-0,01522	0,00023
167	Agu 30, 2016	-0,03605	-0,03733	0,00139
168	Agu 31, 2016	-0,03438	-0,03566	0,00127
169	Sep 01, 2016	0,02787	0,02659	0,00071
170	Sep 02, 2016	0,01031	0,00903	0,00008
171	Sep 06, 2016	0,01373	0,01245	0,00015
172	Sep 07, 2016	0,04641	0,04513	0,00204
173	Sep 08, 2016	-0,03743	-0,03871	0,00150
174	Sep 09, 2016	0,00868	0,00740	0,00005
175	Sep 12, 2016	-0,03005	-0,03133	0,00098
176	Sep 13, 2016	-0,02914	-0,03042	0,00093
177	Sep 14, 2016	0,00526	0,00398	0,00002
178	Sep 15, 2016	-0,01864	-0,01992	0,00040
179	Sep 16, 2016	0,00695	0,00567	0,00003
180	Sep 19, 2016	0,01170	0,01042	0,00011
181	Sep 20, 2016	0,03319	0,03191	0,00102
182	Sep 21, 2016	0,01684	0,01556	0,00024
183	Sep 22, 2016	-0,03847	-0,03975	0,00158
184	Sep 23, 2016	0,02757	0,02629	0,00069
185	Sep 26, 2016	-0,02105	-0,02233	0,00050
186	Sep 27, 2016	0,05278	0,05150	0,00265
187	Sep 28, 2016	0,01371	0,01243	0,00015

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
188	Sep 29, 2016	0,00000	-0,00128	0,00000
189	Sep 30, 2016	0,02238	0,02110	0,00045
190	Okt 03, 2016	-0,00267	-0,00395	0,00002
191	Okt 04, 2016	0,02195	0,02067	0,00043
192	Okt 05, 2016	0,01377	0,01249	0,00016
193	Okt 06, 2016	-0,01357	-0,01485	0,00022
194	Okt 07, 2016	0,00000	-0,00128	0,00000
195	Okt 10, 2016	0,01911	0,01783	0,00032
196	Okt 11, 2016	-0,01150	-0,01278	0,00016
197	Okt 12, 2016	0,00656	0,00528	0,00003
198	Okt 13, 2016	-0,00238	-0,00366	0,00001
199	Okt 14, 2016	-0,00758	-0,00886	0,00008
200	Okt 17, 2016	0,00658	0,00530	0,00003
201	Okt 18, 2016	0,02532	0,02404	0,00058
202	Okt 19, 2016	-0,02512	-0,02640	0,00070
203	Okt 20, 2016	0,00595	0,00467	0,00002
204	Okt 21, 2016	-0,00853	-0,00981	0,00010
205	Okt 24, 2016	-0,01465	-0,01593	0,00025
206	Okt 25, 2016	-0,01426	-0,01554	0,00024
207	Okt 26, 2016	0,01950	0,01822	0,00033
208	Okt 27, 2016	-0,02012	-0,02140	0,00046
209	Okt 28, 2016	-0,03957	-0,04085	0,00167
210	Okt 31, 2016	-0,00364	-0,00492	0,00002
211	Nov 01, 2016	-0,02914	-0,03042	0,00093
212	Nov 02, 2016	-0,01467	-0,01595	0,00025
213	Nov 03, 2016	-0,01330	-0,01458	0,00021
214	Nov 04, 2016	0,01821	0,01693	0,00029

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

No	Tanggal	<i>Return</i>	$R_t - \bar{R}$	$(R_t - \bar{R})^2$
215	Nov 07, 2016	0,00178	0,00050	0,00000
216	Nov 08, 2016	0,00532	0,00404	0,00002
217	Nov 09, 2016	-0,01291	-0,01419	0,00020
218	Nov 10, 2016	-0,02795	-0,02923	0,00085
219	Nov 11, 2016	-0,00231	-0,00359	0,00001
220	Nov 14, 2016	0,05767	0,05639	0,00318
221	Nov 15, 2016	-0,00656	-0,00784	0,00006
222	Nov 16, 2016	-0,00418	-0,00546	0,00003
223	Nov 17, 2016	0,00703	0,00575	0,00003
224	Nov 18, 2016	0,03843	0,03715	0,00138
225	Nov 21, 2016	0,01235	0,01107	0,00012
226	Nov 22, 2016	-0,02849	-0,02977	0,00089
227	Nov 23, 2016	0,00000	-0,00128	0,00000
228	Nov 25, 2016	-0,02295	-0,02423	0,00059
229	Nov 28, 2016	-0,00814	-0,00942	0,00009
230	Nov 29, 2016	0,08707	0,08579	0,00736

Nilai $\bar{R} = 0,00128$, sehingga jumlahan dari $(R - \bar{R})^2$ adalah:

$$\sum_{t=1}^{230} (R - \bar{R})^2 = 0,22932.$$

Nilai parameter volatilitas adalah:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (R - \bar{R})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{230} (R - \bar{R})^2}{230 - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,22932}{229}} \\ &= 0,03165. \end{aligned}$$

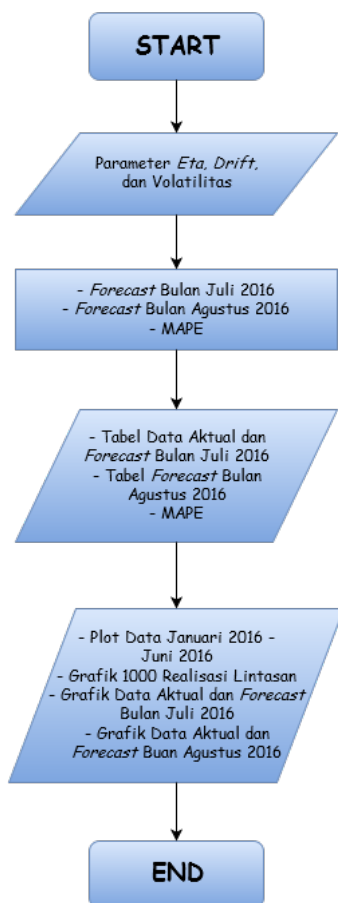
LAMPIRAN F
Data Aktual dan Hasil Prediksi Harga Komoditas
Minyak Mentah Bulan Desember 2016

No	Tanggal	Data Aktual	Hasil Prediksi
1	Des 01, 2016	51,08	49,41
2	Des 02, 2016	51,70	48,25
3	Des 05, 2016	51,72	47,04
4	Des 06, 2016	50,95	46,07
5	Des 07, 2016	49,85	45,00
6	Des 08, 2016	50,84	44,13
7	Des 09, 2016	51,51	42,81
8	Des 12, 2016	52,74	41,95
9	Des 13, 2016	52,99	41,11
10	Des 14, 2016	51,01	40,00
11	Des 15, 2016	50,90	39,03
12	Des 16, 2016	51,93	38,16
13	Des 19, 2016	52,13	37,43
14	Des 20, 2016	52,22	36,74
15	Des 21, 2016	51,44	35,77
16	Des 22, 2016	51,98	34,87
17	Des 23, 2016	52,01	33,81
18	Des 27, 2016	52,82	33,15
19	Des 28, 2016	54,01	32,37
20	Des 29, 2016	53,80	31,55
21	Des 30, 2016	53,75	30,90

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

LAMPIRAN G

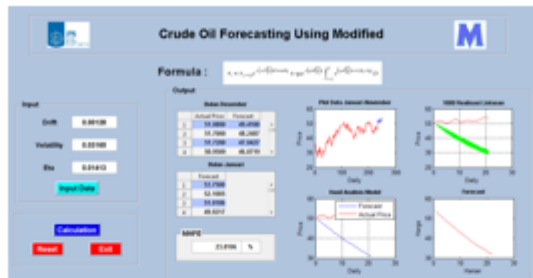
Flowchart GUI



LAMPIRAN G (LANJUTAN)

Listing Program Matlab Hasil Prediksi Harga
Komoditas Minyak Mentah

Tampilan GUI Awal



```
function varargout = Simulasi Gui(varargin)

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui Singleton = 1;
gui State = struct('gui Name',
    mfilename, ...
    'gui Singleton',
    gui Singleton, ...
    'gui OpeningFcn',
    @Simulasi Gui OpeningFcn, ...
    'gui OutputFcn',
    @Simulasi Gui OutputFcn, ...
    'gui LayoutFcn', [], ...
    'gui Callback', []);

if nargin && ischar(varargin{1})
    gui State.gui_Callback =
    str2func(varargin{1});
end
if nargin
    [varargout{1:nargout}] =
    gui mainfcn(gui State, varargin{:});
else
    gui mainfcn(gui State, varargin{:});
end
```

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

```

% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Simulasi Gui is
made visible.
function Simulasi_Gui_OpeningFcn(hObject,
 eventdata, handles, varargin)

% Choose default command line output for
Simulasi_Gui
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Simulasi_Gui wait for user
response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
handles.gambar=imread('ITS.jpg');
axes(handles.axes5);
imshow(handles.gambar);

handles.gambar2=imread('Matematika.jpg');
axes(handles.axes6);
imshow(handles.gambar2);

handles.gambar3=imread('formula.jpg');
axes(handles.axes7);
imshow(handles.gambar3);

background =
axes('unit','normalized','position',[0 0 1
1]);
cover=imread('biru.jpg');image(cover);
set(background,'handlevisibility','off','visib
le','off');
uistack(background,'bottom');

```

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

```

% --- Outputs from this function are returned
to the command line.
function varargout =
Simulasi_Gui_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)

% Get default command line output from handles
structure
varargout{1} = handles.output;

function S0_edit_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function S0_edit_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc ==
isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

```

Input Drift, Volatility dan Eta

The image shows a MATLAB GUI window with a light blue background. The title bar says 'Input'. Inside the window, there are three rows of labels and input fields:

- Label: 'Drift', Input field: '0.00128'
- Label: 'Volatility', Input field: '0.03164'
- Label: 'Eta', Input field: '0.01413'

Below these input fields is a button with a cyan background and black text that says 'Input Data'.

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

```

function Drift_edit_Callback(hObject,
 eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function Drift_edit_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Volatilitas1_edit_Callback(hObject,
 eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function Volatilitas1_edit_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

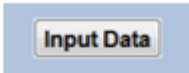
function MAPE1_edit_Callback(hObject,
 eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function MAPE1_edit_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

Button Input


 Input Data

```
% --- Executes on button press in
Input_Data_pushbutton.
function
Input_Data_pushbutton_Callback(hObject,
eventdata, handles)
global data
[nama_file,path]=uigetfile('*-xlsx','cari
data');
if isequal(nama_file,0)
    return;
end
[data,text]=xlsread([path nama_file],1);

handles.data = data;
guidata(hObject,handles);
```

Button Reset


 Reset

```
% --- Executes on button press in
Reset_pushbutton.
function Reset_pushbutton_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to Reset_pushbutton (see
 GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
```

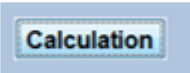
LAMPIRAN G (LANJUTAN)

```

set(handles.Hasil_uitable,'data','','RowName',
'', 'ColumnName','');
set(handles.uitable3,'data','','RowName','','C
olumnName','');
set(handles.MAPE1_edit,'String','');
set(handles.Drift_edit,'String','');
set(handles.Volatilitas1_edit,'String','');
set(handles.Volatilitas2_edit,'String','');
cla reset

```

Button Calculation



```

% --- Executes on button press in
Hitung_pushbutton.
function Hitung_pushbutton_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to Hitung_pushbutton (see
GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
global data

data = handles.data;
miu =
str2double(get(handles.Drift_edit,'String'));%
mu the annual growth rate,
sigma =
str2double(get(handles.Volatilitas1_edit,'Stri
ng'));%sig the volatility

```

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

```

eta =
str2double(get(handles.Volatilitas2_edit,'Stri
ng'));%sig the volatility
h=1;
dt=1/h;
t(1)=0;

data_awal = data(1:231);
data_des = data(232:252);
n = length(data_des);

axes(handles.axes8);
x=1:231;
x1=232:252;
plot(x,data_awal,'r',x1,data_des,'b');
title('Plot Harga','fontweight','b');
xlabel('Daily');
ylabel('Price');

xmin = 0
xmax = 1
h = (xmax - xmin);

zt = xmin+rand(1,1)*(xmax-xmin);
zs = 0.1*normrnd(5,5,1,1);
f(1) = exp( eta + 0.5*(sigma^2))*xmin +
sigma*(zt - zs);
zt = xmin+rand(1,1)*(xmax-xmin);
zs = 0.1*normrnd(5,5,1,1);
f(2) = exp( eta + 0.5*(sigma^2))*xmax +
sigma*(zt - zs);
f = (h/2*(f(1)+f(2)))-(h^3/12)*0.01413;

f

Forecast(1)=data_awal(231);

```


LAMPIRAN G (LANJUTAN)

```

for j=2:n
    Forecast(j)=Forecast(j-1)*exp((( -eta-
(sigma^2/2))*dt)+(sigma*sqrt(dt)*rand(1,1)))+(
eta*miu*exp((-eta-(sigma^2/2))*j))*f ;
end

for i=1:1000
    peramalan(1)=data_awal(231);
    t(1)=1;
    for j=2:n % The following value of the
stock is evaluated
        peramalan(j)=peramalan(j-1)*exp((( -
eta-
(sigma^2/2))*dt)+(sigma*sqrt(dt)*rand(1,1)))+(
eta*miu*exp((-eta-(sigma^2/2))*j))*f ;
        t(j)=j;
    end
    axes(handles.axes1);
    plot(t,peramalan,'g');
    hold on;
end

data_gabung=[data_awal(231); data_des];

axes(handles.axes1);
x = 0:length(data_gabung)-1;
plot(x,data_gabung,'r');
xlabel('Daily');
ylabel('Price');
grid on;
hold off;

axes(handles.axes3);
x = 0:length(data_gabung)-1;
plot(x,data_gabung,'r');
xlabel('Daily');
ylabel('Price');

```

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

```

grid on;
hold off;

axes(handles.axes3);
hasil=[Forecast];
plot(t,hasil,'b');
hold on;
x = 0:length(data_gabung)-1;
plot(x,data_gabung,'r');
legend('Forecast','Actual Price');
xlabel('Daily');
ylabel('Price');
grid on;
hold off;

A = [data_des hasil'];
Kolom = {'Actual Price','Forecast'};
for i=1:length(Forecast)
    Baris(i) = {sprintf('%d',i)};
end
set(handles.Hasil_uitable,'data',A,'RowName',Baris,'ColumnName',Kolom);

for i=1:n
    B(i)=abs((data_des(i)-Forecast(i)))/data_des(i);
end

MAPE=mean(B)*100;
set(handles.MAPE1_edit,'String',MAPE);

Ramalan(1)=data_des(21);
t(1)=1;
for i=2:n+1
    Ramalan(i)=Ramalan(i-1)*exp((( -eta-
    (sigma^2/2))*dt)+(sigma*sqrt(dt)*rand(1,1)))+(
    eta*miu*exp((-eta-(sigma^2/2))*j))*f ;

```

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

```
t(i)=i;
end
Ramalan';
```

Button Exit


 A rectangular button with a light blue border and a white background, containing the word "Exit" in a black, sans-serif font.

```
% --- Executes on button press in
Keluar pushbutton-
function Keluar pushbutton Callback(hObject,
eventdata, handles)
close
```

Table Bulan Desember 2016

Bulan Desember		
	Actual Price	Forecast
1	51.0800	49.4100
2	51.7000	48.2487
3	51.7200	47.0427
4	50.9500	46.0719

```
A = [data_des hasil'];
Kolom = {'Actual Price' 'Forecast'};
for i=1:length(Forecast)
    Baris(i) = {sprintf('%d',i)};
end
set(handles.Hasil_uitable,'data',A,'RowName',B
aris,'ColumnName',Kolom);
```

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

Tabel Bulan Januari 2017

Bulan Januari	
	Forecast
1	53.7500
2	52.1005
3	51.0186
4	49.9217

```

B=[Ramalan'];
Kolom={'Forecast'};
for i=1:length(Ramalan)
    Baris(i)={sprintf('%d',i)};
end
set(handles.uitable3,'data',B,'RowName',Baris,
'ColumnName',Kolom);

```

Perhitungan MAPE

MAPE	
23.8106	%

```

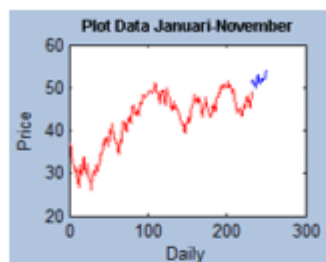
set(handles.MAPE1_edit,'String',MAPE);
for i=1:n
    B(i)=abs((data_des(i)-
Forecast(i)))/data_des(i);
end

MAPE=mean(B)*100;
set(handles.MAPE1_edit,'String',MAPE);

```

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

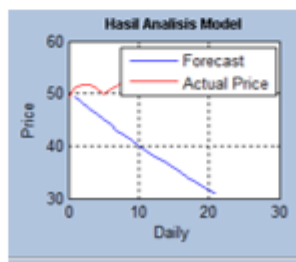
Plot Data Januari 2016 - Desember 2016



```
data_awal = data(1:231);
data_des = data(232:252);
n = length(data_des);

axes(handles.axes8);
x=1:231;
x1=232:252;
plot(x,data_awal,'r',x1,data_des,'b');
title('Plot Harga','fontweight','b');
xlabel('Daily');
ylabel('Price')
```

Grafik Hasil Analisis Model



LAMPIRAN G (LANJUTAN)

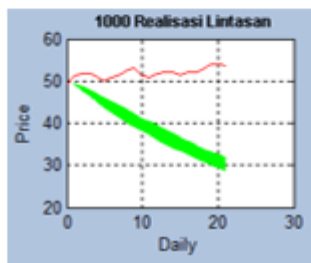
```

data_gabung=[data_awal(231); data_des];

axes(handles.axes3);
x = 0:length(data_gabung)-1;
plot(x,data_gabung,'r');
xlabel('Daily');
ylabel('Price');
grid on;
hold off;

axes(handles.axes3);
hasil=[Forecast];
plot(t,hasil,'b');
hold on;
x = 0:length(data_gabung)-1;
plot(x,data_gabung,'r');
legend('Forecast','Actual Price');
xlabel('Daily');
ylabel('Price');
grid on;
hold off;

```

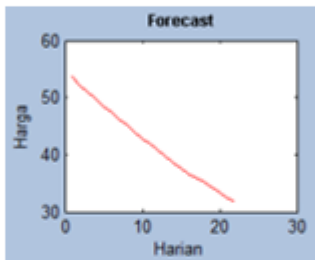
Grafik 1000 Realisasi Lintasan

LAMPIRAN G (LANJUTAN)

```
data_gabung=[data_aval(231); data_des];

axes(handles.axes1);
x = 0:length(data_gabung)-1;
plot(x,data_gabung,'r');
xlabel('Daily');
ylabel('Price');
grid on;
hold off;
```

Grafik Prediksi



```
axes(handles.axes9);
plot(t,Ramalan,'r');
title('Peramalan Januari','fontweight','b');
xlabel('Harian');
ylabel('Harga');

B=[Ramalan'];
Kolom={'Forecast'};
for i=1:length(Ramalan)
    Baris(i)={sprintf('%d',i)};
end
set(handles.uitable3,'data',B,'RowName',Baris,
'ColumnName',Kolom);
```

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

LAMPIRAN H

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Yenny Triningsih, lahir di Tulungagung, pada 16 Januari 1995. Terlahir sebagai anak ketiga dari 4 bersaudara dari pasangan Suharno dan Musriatun. Sejak usia 4.5 tahun, penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai dari RA PSM Jeli Kab. Tulungagung (1999-2001), SD Negeri 1 Jeli Kab. Tulungagung (2001-2007), SMP Negeri 2 Tulungagung Kab. Tulungagung (2007-2010), dan SMA Negeri 1 Kedungwaru Kab. Tulungagung (2010-2013). Kemudian pada tahun 2013, penulis melanjutkan studi ke jenjang S1 di Jurusan Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur SNMPTN dengan NRP 1213 100 047. Di Jurusan Matematika, penulis mengambil Bidang Minat Matematika Terapan yang terdiri dari bidang minat Pemodelan dan Riset Operasi dan Pengolahan Data. Selama menempuh pendidikan di ITS, penulis aktif berorganisasi di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS sebagai staf Kesejahteraan Mahasiswa (KESMA) (2014-2015) dan asisten sekretaris kementerian KESMA (2015-2016), HIMATIKA ITS sebagai staf Departemen ASCI (2015-2016), Lembaga Dakwah Jurusan Matematika sebagai staf Departemen Jaringan Media (2014-2015), Forum

Mahasiswa Tulungagung Se-Surabaya (FORMASTA) sebagai staf Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) (2014) dan sekretaris Departemen PSDM (2015). Penulis juga aktif diberbagai kepanitiaan seperti Olimpiade Matematika ITS (OMITS) 2015 dan OMITS 2016, Kesma Expo (KEPO) BEM ITS 2015, Kompas Kampus Kompas TV 2016, dan lain sebagainya.

Adapun informasi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini dapat ditujukan ke penulis melalui email yennytriningsih16@gmail.com